

HANDBUCH DER HYGIENE.

II. THEIL.

1. ABTHEILUNG.

1. HÄLFTE.



v. ZIEMSSEN'S HANDBUCH

DER

SPECIELLEN PATHOLOGIE UND THERAPIE.

ERSTER BAND.

Dritte umgearbeitete Auflage.

HANDBUCH DER HYGIENE

UND DER

GEWERBEKRANKHEITEN

BEARBEITET VON

DR. A. BAER IN BERLIN, DR. F. ERISMANN IN MOSKAU, DR. C. FLÜGGE IN GÖTTINGEN, PROF. J. FORSTER IN AMSTERDAM, PROF. A. GEIGEL IN WÜRZBURG, BAUR. L. DEGEN IN REGENSBURG, PROF. A. HILGER IN ERLANGEN, PROF. L. HIRT IN BRESLAU, DR. A. KUNKEL IN WÜRZBURG, DR. G. MERKEL IN NÜRNBERG, PROF. v. PETTENKOFER IN MÜNCHEN, DR. F. RENK IN MÜNCHEN, DR. A. SCHUSTER IN MÜNCHEN, DR. J. SOYKA IN MÜNCHEN UND DR. G. WOLFFHÜGEL IN BERLIN.

HERAUSGEGEBEN

VON

Prof. Dr. M. v. PETTENKOFER und Prof. Dr. H. v. ZIEMSSEN.

ZWEITER THEIL.

1. ABTHEILUNG.

1. HÄLFTE.

LEIPZIG,

VERLAG VON F. C. W. VOGEL.

1882.

HANDBUCH DER HYGIENE

UND DER

GEWERBEKRANKHEITEN.

ZWEITER THEIL.

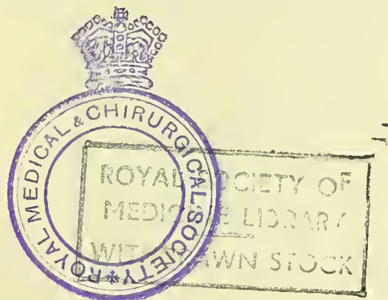
SOCIALE HYGIENE.

1. ABTHEILUNG.

GRÖSSERE GEMEINWESEN.

1. HÄLFTE.

ANLAGE VON ORTSCHAFTEN von Dr. C. FLÜGGE.
DIE ENTFERNUNG DER ABFALLSTOFFE von Dr. F. ERISMANN.
BEERDIGUNGSWESEN von Dr. A. SCHUSTER.
MASSENERNÄHRUNG von Prof. J. FORSTER.



LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1882.



ANLAGE VON ORTSCHAFTEN

VON

Dr. C. FLÜGGE in Göttingen.



Einleitung.

Statistische Erhebungen, deren Werth und Beweiskraft namentlich dann hervortritt, wenn es sich um Feststellung gesetzmässiger Erscheinungen innerhalb grösserer Menschenmassen handelt, haben bereits mehrfach auf charakteristische locale Differenzen hingewiesen, welche bezüglich der Sterblichkeit der Menschen im Bereiche eines grösseren Ländergebietes auftreten. Solche Differenzen betreffen theils ganze Länder oder Provinzen und erklären sich dann vorzugsweise aus der Verschiedenheit des Klimas; aus der grösseren oder geringeren Fruchtbarkeit des Bodens und der daraus resultirenden grösseren Wohlhabenheit und besseren Ernährung der Bewohner; ferner aus Racenunterschieden und aus Differenzen der Beschäftigung und der industriellen Thätigkeit.

Häufig treten aber noch stärker ausgeprägte Abweichungen in der Mortalitätsziffer zu Tage, wenn innerhalb ein und derselben Provinz, welche überall das gleiche Klima und dieselbe Fruchtbarkeit des Bodens darbietet, verschiedene Gruppen von Menschen zusammengestellt werden. So zeigt sich namentlich oft ein starker Gegensatz bezüglich der Mortalität zwischen den Bewohnern der grösseren Städte und denen der kleineren Ortschaften und Dörfer.

Einige preussische Provinzen zeigen von diesem Gesichtspunkt aus für die Jahre von 1865—1874 resp. 1875 folgende Zahlen:

Von 1000 Lebenden starben pro Jahr:

	Prov. Preussen	Prov. Brandenburg	Prov. Schlesien
1865—1867	33,60	29,75	32,77
1868—1871	32,17	29,08	29,77
1872—1874	31,17	29,31	31,58
	Königsberg	Berlin	Breslau
1865—1867	39,41	32,45	43,31
1868—1871	35,72	32,17	35,10
1872—1875	29,56	31,22	31,47

	Prov. Rheinland	Prov. Schleswig-Holstein
1865—1867	27,98	22,02
1868—1871	29,25	24,37
1872—1874	28,18	22,99
	Köln	Altona
1865—1867	29,69	—
1868—1871	29,48	34,15
1872—1875	28,68	29,90

Statistische Zusammenstellungen mit ähnlichem Resultat und zum Theil mit noch prononcirter hervortretender Zunahme der Mortalität in den Städten gegenüber den ländlichen Bezirken resp. der ganzen Provinz existiren für England, Dänemark und andere Länder. Auch wenn man die Sterblichkeit der einzelnen Altersklassen gesondert in Betracht zieht, oder wenn man nur solche Individuen extrahirt, welche die gleiche Beschäftigung haben, ergibt sich das nämliche Resultat, dass die Mortalität in den grösseren Städten durchschnittlich grösser ist als in kleineren Ortschaften oder im ganzen Lande.[1])

Wenn auch die bisher vorliegenden Zahlen nicht geeignet erscheinen, um unter den immerhin noch möglichen verschiedenen wirksamen Factoren einen einzelnen als Ursache der höheren Mortalität in den Städten zu bezeichnen, so wird man doch nicht fehl gehen, wenn man zunächst und hauptsächlich in dem gedrängten Zusammenhäufen menschlicher Wohnungen und in der Art und Weise der Anlage und Bauart städtischer Häusercomplexe die besonderen hygienischen Nachtheile der Städte sucht; und in dieser Richtung müsste in erster Linie ein Ausgleich und Abhilfe erstrebt werden, um auch innerhalb der Städte eine Mortalitätsziffer zu erzielen, welche die der kleineren Ortschaften nicht wesentlich übertrifft.

Namentlich ist eine intensive Berücksichtigung der hygienischen Interessen bei der Anlage und Erweiterung grösserer Ortschaften erforderlich geworden, seitdem in den letzten Jahren eine so rapide Zunahme der in grösseren Städten zusammengedrängten Bevölkerung begonnen hat.

1) v. Fircks, Rückblick auf die Bewegung der Bevölkerung im preuss. Staate v. 1816—1874. Preussische Statistik. Heft XVIII A. Berlin 1879. — Westergaard, Die Lehre von der Mortalität u. Morbilität. Jena 1881. — Vgl. ferner: v. Pettenkofer, Ueber den Werth der Gesundheit für eine Stadt, Populäre Vorträge. Heft 2. Braunschweig, Vieweg. — Richardson, Eine Musterstadt in gesundheitlicher Beziehung. Publ. Health. 3. S. 625. — Katscher, Hygiea, eine ideale Gesundheitsstadt. Wien. med. Pr. XIX. S. 243. — Körösi, Wohnungsverhältnisse und Sterblichkeit in Pest. Ztschr. d. kön. preuss. stat. Bur. 1877, Heft 1. — Junod, Ueber die relative Gesundheit der verschiedenen Gegenden einer Stadt. Dingler's Journ. Bd. 135. S. 466.

In Preussen befanden sich beispielsweise

	in Dörfern u. Einzelgebäuden	in Städten unter 10,000 Einw.	in Städten über 10,000 Einw.
1834	72,7 %	19,8 %	7,5 %
1864	68,9 %	15,8 %	15,3 %
1867	68,7 %	15,0 %	16,3 %
1871	67,5 %	14,9 %	17,6 %

Die Ursachen dieser Concentrirung grösserer Menschenmassen sind unschwer zu erkennen. Die erste Vereinigung einer Anzahl von Wohnhäusern zu einer Ortschaft fällt für alle sesshaften, ackerbautreibenden Völker mit der Epoche zusammen, wo eine ausgesprochene Theilung der Arbeit beginnt, und Gewerbe und Industrie sich ausbilden, um die verschiedensten Bedürfnisse des Menschen zu decken. Das Erwachen der Industrie führt naturgemäss zu einem anfangs local begrenzten, dann immer weitere Dimensionen annehmenden Handel; beide aber bedürfen des Zusammenwirkens einer grösseren Anzahl von Menschen; sie bevorzugen gewisse Lagen und Gegenden, in welche dann ein natürliches Zusammenströmen zahlreicher Arbeitender erfolgt.

In früheren Jahrhunderten existirten jedoch mächtige Schranken, welche das Anwachsen der Städte hemmten: Zunächst erschwerten die Zünfte die freie Entfaltung und beliebige Vermehrung der Gewerbe; sodann war man genöthigt, die Stätten der Arbeit und der Anhäufung von Geld und Gut gegen räuberische Ueberfälle und gegen Kriegszufälle zu schützen; man musste Wälle und Mauern aufführen, die einer raschen Erweiterung der Stadt eine Grenze setzten. Ausserdem aber war es noch die Unzulänglichkeit der Verkehrsmittel und der Betriebsmittel der Industrie, welche eine natürliche Localisirung der einzelnen Gewerbszweige und eine beschränkte Ausdehnung der Production mit sich brachte.

In neuerer Zeit sind die Zunftschranken gebrochen; die Festungswerke beseitigt; statt des Menschen dienen die verschiedensten physikalischen Kräfte als motorische Hilfsmittel; zahlreichste Eisenbahnen und Wasserstrassen ermöglichen fast ohne Grenzen den Austausch der Producte, die Zufuhr der Rohmaterialien, das Herbeischaffen der Consumartikel für die grössten Ansammlungen von Menschen.

Die modernen Städte bieten daher überall das Bild rascher Ausdehnung und Erweiterung. Mehr wie je müssen in Folge dessen die Gefahren wachsen, welche etwa aus dem stärkeren Zusammenhäufen von Menschen hervorgehen und ihren Ausdruck in einer steigenden Mortalität innerhalb der Städte finden können.

Fragt man, welcher Art diese Gefahren sind, die gerade in der

Concentrirung einer grösseren Anzahl von menschlichen Wohnungen wurzeln, so sind in erster Linie die Beschränkung von Luft, Licht und Sonnenwärme, die Verunreinigung der Luft, die Verbreitung inficirender Stoffe zu nennen; zweitens kommen Feuersbrünste und Einstürze, diese aber im Ganzen weniger in sanitärem als vielmehr in wirthschaftlichem Interesse in Betracht; und endlich ist noch die Verkehrsunsicherheit und Verkehrsbehinderung zu erwähnen, die freilich schon in ihren Anfängen so schwere sociale Missstände mit sich bringt, dass stets diese als Motive für eine Remedur herangezogen werden.

Alle die genannten Gefahren sind offenbar in sehr geringem Grade vorhanden, so lange die Häuser noch einigermassen isolirt stehen, wie auf dem platten Lande, in Dörfern und kleinen Städten. Auch hier können vielfache hygienische Schädigungen von den Wohnungen ausgehen; aber dieselben sind bedingt durch fehlerhafte Bebauung des einzelnen Grundstücks und durch unzweckmässige Construction des einzelnen Hauses; während das Zusammenlagern mehrerer Gebäude zu einem weitläufigen Complexe wenig neue Gefahren hinzubringt. Die Bauart der kleineren Ortschaften ist es also nicht, welche unser besonderes Interesse in Anspruch nimmt; denn bei dieser tritt eventuell nur eine Summirung derjenigen Schädlichkeiten ein, welche im Capitel „Wohnung“ ausführlich besprochen sind.

Ihre eigentliche Macht entfalten die besonderen, aus Zusammenlagern vieler Wohnungen entstehenden Gefahren vielmehr erst in den grösseren Städten; hier fallen ihnen jährlich zahlreiche Menschen zum Opfer; und für die grösseren Städte wird man vornehmlich auf Mittel sinnen müssen, um diesen besonderen, nur den Städten eigenthümlichen Gefahren zu begegnen.

Die einfachste Therapie besteht nun jedenfalls darin, dass man in der Folge Anlagen neuer Städte und Erweiterungen alter Städte nach solchen Principien vornimmt, dass weder eine Beeinträchtigung der Zufuhr an Licht und Luft, noch eine Verbreitung inficirender Stoffe stattfindet, noch auch Gefahren durch Feuer oder Einsturz entstehen. Ein Umbau alter Quartiere müsste nach denselben Grundsätzen erfolgen. Am bedeutungsvollsten sind indess in unserer Zeit jedenfalls die Erweiterungen vorhandener Städte, und diese bilden das eigentliche Versuchsfeld für die Besserungsmassregeln und das Thema, mit dem wir uns vorzugsweise zu beschäftigen haben.

Die Aufgaben, welche an eine rationelle, auf Durchführung hygienischer Principien basirte Stadterweiterung herantreten, lassen sich etwa folgendermassen zusammenfassen: Entsprechend einer ungefähren Kenntniss der jährlichen Zunahme der Bevölkerung muss

für Neubauten gesorgt und so dem Eintritt einer Wohnungsnoth entgegen gearbeitet werden; das Terrain für die Bauten muss in geeigneter Weise ausgewählt und zu einem hygienisch tadellosen Baugrund hergerichtet sein; genaue Pläne müssen im Voraus Richtung und Breite der Strassen, sowie die Tiefe der Blöcke festlegen; Höhe und Abstand der Häuser, das Verhältniss zwischen bebautem und unbebautem Terrain, die Unterbrechung der Häuserzüge durch öffentliche Plätze, Anlagen und Promenaden müssen in bestimmter Weise geregelt werden.

Es ist klar, dass derartige Aufgaben nicht gelöst werden können, so lange der Einzelne mit unbeschränkter Willkür bauen und mit seinem Grundstück verfahren kann. Eine Beschränkung der individuellen Freiheit durch gesetzliche, vom Staat oder von der Gemeinde erlassene Vorschriften ist daher nothwendige Vorbedingung einer Durchführung richtiger Grundsätze bezüglich der Anlage und Erweiterung von Ortschaften.

Solche baupolizeiliche Vorschriften stossen naturgemäss auf grosse Schwierigkeiten; zähe Anhänglichkeit an alte Gewohnheiten, an überliefertes Herkommen tritt ihnen entgegen; häufig genug finden sie an den socialen Verhältnissen und an dem Vermögensstande der Einwohner eine Schranke.

Dennoch sind die baupolizeilichen, auf hygienischen Principien gegründeten Vorschriften das einzige Mittel, um die Gefahren, welche in dem Anwachsen der grossen Städte beruhen, wirksam zu bekämpfen; und man wird bestrebt sein müssen, alles was vom hygienischen Standpunkt aus wünschenswerth erscheint, in die Form solcher Vorschriften zu kleiden; erst dann wird die praktische Ausführung der als nöthig erkannten Massregeln erfolgen können.

Würden die bisher erlassenen baugesetzlichen Bestimmungen bereits den hygienischen Anforderungen vollauf genügen, so könnte eine Hygiene der Stadterweiterungen sich auf eine Aufzählung und höchstens noch eine Interpretirung dieser bestehenden Verordnungen beschränken. Das ist nun aber durchaus nicht der Fall.

Von Vornherein besteht für die Aufstellung von Bauordnungen darin eine besondere Schwierigkeit, dass Bauten und auch Anlagen von Stadterweiterungen niemals allein nach hygienischen Principien erfolgen können, sondern dass dabei stets eine Concurrenz mannigfaltiger Interessen stattfindet. Die Rücksichten auf den Verkehr und die Verkehrssicherheit, auf Feuersicherheit, auf den ästhetischen Eindruck, fallen hier vorzugsweise ins Gewicht; und es wird darauf ankommen, in jedem Falle genau abzuwägen, ob die hygienische Auf-

gabe ohne Collision mit den anderen Interessen sich lösen lässt, oder ob und in welchem Maasse eine Reduction der von der einen oder anderen Seite gestellten Forderungen eintreten muss.

Bisher sind nun die hygienischen Forderungen so gut wie gar nicht zur Concurrenz zugelassen; fast alle Bauordnungen tragen in durchaus einseitiger Weise nur den Rücksichten des Verkehrs, der Feuersicherheit oder der Einsturzgefahr Rechnung. Vorschriften, die hygienische Interessen vertreten, fehlen — und zwar meistens, weil die Forderungen, welche die Hygiene zu stellen hat, selbst noch bei weitem nicht hinreichend scharf ermittelt sind.

Hier ist daher noch ein weites Feld für Untersuchungen und Vorschläge zu Verbesserungen. Es bedarf neben den bestehenden Bauvorschriften noch einer eingehenden Erwägung, in wie weit bei dem ganzen Process der Stadterweiterungen hygienische Interessen ins Spiel kommen, und diese Erwägungen bilden den wesentlichsten Inhalt des hier zu behandelnden Themas.

Die Reihenfolge, in welcher die Hygiene der Stadterweiterungen einer Erörterung zugänglich ist, wird zweckmässig derart sein müssen, dass zunächst die bis jetzt zu Recht bestehenden Vorschriften der Baugesetze zusammengestellt werden; danach sind die einzelnen Phasen einer Stadterweiterung zu besprechen und darauf zu prüfen, in wie weit hygienische Principien in dieselben eingreifen und eine eventuelle Abänderung oder Erweiterung der bestehenden Bauvorschriften erheischen. In diesem Sinne ist zunächst die Aufstellung des Bauplans zu behandeln; sodann die Herrichtung des Terrains; drittens die Projicirung und Anlage der Strassen; viertens die Herstellung von öffentlichen Anlagen; fünftens endlich die Art der Bebauung der Grundstücke.

Bezüglich der jetzt geltenden Bauordnungen konnte nur eine sehr beschränkte Auswahl getroffen werden. Die gesetzlichen Bestimmungen über Bauten sind theils in landrechtlichen Bestimmungen, theils in besonderen Ministerialerlassen, theils in Verordnungen der Gemeinden enthalten; namentlich für die specielleren Vorschriften gilt fast in jeder grösseren Stadt eine andere Bauordnung, die in manchen Punkten, entsprechend einem local entwickelten Gewohnheitsrecht, durchaus abweichende Bestimmungen enthält. Es konnte daher hier nur ein Paradigma gewählt werden, das einigermassen die fortgeschrittensten Bauordnungen repräsentirt; und zwar wurden die zur Zeit für Preussen geltenden Gesetze und die in Berlin bestehenden Vorschriften deshalb für ein besonders zweckentsprechendes Beispiel angesehen, weil letzterem Orte die stark fortschreitende

Erweiterung der Stadt und mannichfache, drückend fühlbar gewordene Missstände in vieler Hinsicht speciellere und der modernen Hygiene angemessenere Verordnungen gezeitigt haben als anderswo. — Betreffs weiterer Bauordnungen muss auf die unten angefügte Literatur verwiesen werden.[1])

Vielfach wurde im Folgenden das ausführliche Werk von Baumeister über Stadterweiterungen benutzt, das lediglich nach der speciell hygienischen Seite hier und da ergänzt werden konnte.

1) Zander, Die Baugesetze f. d. preuss. Staat. Berlin 1881. — Stumpf, Vademecum von Verordnungen etc. der Bau-, Gewerbe-, Strassen etc. Polizei für Berlin. Berlin 1879. — Silberschlag, Die Baugesetze des preuss. Staates etc. Ver. f. öff. Ges. 1874. S. 385. — Bockendahl, Zur Erhaltung von Gesundheit u. Leben. Kritik des Entwurfs einer Baupolizeiordnung. Kiel 1868. — Albrecht, Allgemeine Bauordnung f. Städte und Landgemeinden. Hannover, Helwing, 1877. — Doehl, Repertorium des Baurechts und der Bau-Polizei f. d. preuss. Staat. Sowohl im Allgemeinen als im Besonderen für Berlin. Berlin 1867. — v. Schleiss, Mahnruf an die Sanitätsbaupolizei. Bayr. ärztl. Intell.-Bl. Bd. 22. S. 6. — Raschdorff, Das Baurecht in d. preuss. Rheinprovinz u. denjenigen Ländern, in welchen das bürgerliche Gesetzbuch Geltung hat. Neu bearb. nach Weyer's Baurecht. Cöln 1869. — Denzin, Die Baupolizei des preuss. Staates mit besonderer Berücksicht. der für die Städte der Prov. Schlesien erlassenen baupolizeilichen Verordnungen. — Schönig, Das Baurecht u. die Baupolizei der Prov. Schlesien. Liegnitz 1864. — Verordnungen, polizeiliche, über die Bauten in der Stadt Breslau. Breslau 1864. — Mielck, Entwurf zu einer Bauordnung f. die Herzogthümer Schleswig-Holstein. Kiel 1868. — Leuthold, Das sächsische Baupolizeirecht. 2. Aufl. 1875. — v. Thüna, Zur Baupolizei im Grossh. Sachsen-Weimar. Thür. Corr.-Bl. Bd. 5. S. 9. — Gesetz, das, im Königr. Sachsen gültige, nebst der Ausführungsverordnung, das wegen poliz. Beaufsichtigung d. Baue zu beobachtende Verfahren betr. v. 6. Juli 1869. Dresden 1869. — Steinbrück, Die Baupolizeiordnung f. d. Stadt Berlin. Berlin, Kühn, 1871. — Bauordnung f. Cassel, Cassel 1874. — v. Oven, Baugesetze für Frankfurt 1809—1879. Frankfurt 1879. — Bauordnung für die kgl. Residenzstadt Hannover vom 20/25. Febr. 1880. Hannover 1880. — Entwurf zu einer Bauordnung f. d. kgl. Residenzstadt Hannover. Hannover 1865. — Meyer, Das öffentl. Bauwesen Hamburgs. Ztschr. d. Ver. dtsch. Ing. Bd. 23. S. 529. — Das Baupolizeiwesen d. Stadt Hamburg. Hamburg 1880. — Bau- u. Feuerordnung für Hildesheim. Hildesheim 1868. — Rasp, Münchener Bauvorschriften etc. München 1880. — Das Bauwesen in Bayern im Zusammenhang mit den geltenden feuer-, wasser- und strassenpolizeilichen Bestimmungen. 2. Aufl. Bamberg 1878. — Stadelmann, Die Bauführung in Bayern. Bamberg 1864. — Bauvorschriften für München. Polizei-Anzeiger 1860. Nr. 31. — Bauordnung f. Mannheim. Mannheim 1868. — Bauordnung f. die Residenzstadt Karlsruhe. Karlsruhe 1878. — Strassenbaustatut d. Stadt Wiesbaden. Wiesbaden 1876. — Ortsbaustatut für d. Stadt Stuttgart. Stuttgart 1874. — Bauordnung für Wien. Wien 1868. — Grave, Bauvorschriften für Wien. 1. Hochbau. — Bauvorschriften für d. flache Land in Niederösterreich. Wien 1870. — Bauordnung, Zur Revision der, für Niederösterreich u. Wien. Wien. med. Wochenschr. Bd. 25. S. 5. — Verordnung des Polizeipräfecten in Paris, die Gesundheit der Wohnungen betr. vom Jahre 1853. Erbkam's Ztschr. f. Bauwesen. 1854. S. 155.

I. Baupolizeiliche, auf die Stadterweiterung bezügliche Bestimmungen der preussischen Gesetze und Localbestimmungen für die Stadt Berlin

(als Paradigma der zur Zeit geltenden derartigen Bauvorschriften).

A. Bestimmungen des Allgemeinen Landrechts. Th. I. Tit. 8.

§ 65. In der Regel ist jeder Eigenthümer seinen Grund und Boden mit Gebäuden zu besetzen oder seine Gebäude zu verändern wohl befugt.

§ 66. Doch soll zum Schaden oder zur Unsicherheit des gemeinen Wesens oder zur Verunstaltung der Städte und öffentlichen Plätze kein Bau und keine Veränderung vorgenommen werden.

§ 67. Wer also einen neuen Bau in Städten anlegen will, muss davon zuerst der Obrigkeit zur Beurtheilung Anzeige machen.

§ 68. Bei der anzustellenden Prüfung muss die Obrigkeit zugleich dahin sehen, dass durch eine richtige und vollständige Beschreibung des abzutragenden Gebäudes, nach seiner Lage, Grenzen und übrigen Beschaffenheit, künftigen Streitigkeiten bei dem Wiederaufbau, in Ansehung des Winkelrechts und sonst, möglichst vorgebeugt werde.

§ 69. Vorzüglich ist eine besondere obrigkeitliche Erlaubniss nothwendig, wenn, es sei in Städten oder auf dem Lande, eine neue Feuerstelle errichtet, oder eine alte an einen andern Ort verlegt werden soll.

§ 71. In allen Fällen, wo sich findet, dass ein ohne vorhergegangene Anzeige unternommener Bau schädlich oder gefährlich für das Publicum sei oder zur groben Verunstaltung einer Strasse oder eines Platzes gereiche, muss derselbe nach der Anweisung der Obrigkeit geändert werden.

§ 72. Findet die Aenderung nicht statt, so muss das Gebäude wieder abgetragen und Alles auf Kosten des Bauenden in den vorigen Stand gesetzt werden.

§ 137. Um Licht in sein Gebäude zu bringen, kann ein Jeder Oeffnungen und Fenster in seine eigene Wand oder Mauer machen, wenn dieselben gleich eine Aussicht über die benachbarten Gründe gewähren.

§ 138. Sollten jedoch die Oeffnungen in einer unmittelbar an des Nachbars Hof oder Garten stossenden Wand oder Mauer gemacht werden, so müssen dieselben, wo es die Umstände gestatten, 6 Fuss von dem Boden des Zimmers oder Behältnisses erhöht, in allen Fällen aber mit eisernen, nur 2 Zoll von einander stehenden Stäben, oder mit einem Drahtgitter versehen sein.

§ 139. Neu errichtete Gebäude müssen von älteren, schon vorhandenen Gebäuden des angrenzenden Nachbars, wenn nicht besondere Polizeigesetze ein anderes vorschreiben, wenigstens 3 Werkschuhe zurücktreten.

§ 140. Stösst aber das eine Gebäude auf einen unbebauten Platz des Nachbars, so ist ein Abstand von 1½ Werkschuhen hinreichend.

§ 141. Uebrigens aber kann Jeder in der Regel auf seinem Grund und Boden so nahe an der Grenze und so hoch bauen, als er es für gut findet.

§ 142. Sind jedoch die Fenster des Nachbars, vor welchen gebaut werden soll, schon seit 10 Jahren oder länger vorhanden, und die Behältnisse, wo sie sich befinden, haben nur von dieser Seite her Licht, so muss der neue Bau so weit zurücktreten, dass der Nachbar auch aus dem ungeöffneten Fenster des unteren Stockwerks den Himmel erblicken kann.

§ 143. Hat in diesem Falle das Gebäude des Nachbars, in welchem die Fenster sich befinden, noch von einer anderen Seite Licht, so ist es genug, wenn der neue Bau nur soweit zurücktritt, dass der Nachbar aus den ungeöffneten Fenstern des zweiten Stockwerks den Himmel sehen kann.

§ 144. Sind aber die Fenster des Nachbars, vor welchen gebaut werden soll, noch nicht seit 10 Jahren vorhanden, so ist der Bauende bloss an die § 139 bestimmte Entfernung gebunden.

B. Gesetz vom 2. Juli 1875, betreffend die Anlegung und Veränderung von Strassen und Plätzen in Städten und ländlichen Ortschaften (G.-S. S. 561).

§ 1. Für die Anlegung oder Veränderung von Strassen und Plätzen in Städten und ländlichen Ortschaften sind die Strassen- und Baufluchtlinien vom Gemeindevorstande im Einverständnisse mit der Gemeinde, bezüglich deren Ver-

tretung, dem öffentlichen Bedürfnisse entsprechend unter Zustimmung der Ortspolizeibehörde festzusetzen.

Die Ortspolizeibehörde kann die Festsetzung von Fluchtlinien verlangen, wenn die von ihr wahrzunehmenden polizeilichen Rücksichten die Festsetzung fordern.

Zu einer Strasse im Sinne dieses Gesetzes gehört der Strassendamm und der Bürgersteig.

Die Strassenfluchtlinien bilden regelmässig zugleich die Baufluchtlinien, das heisst die Grenzen, über welche hinaus die Bebauung ausgeschlossen ist. Aus besonderen Gründen kann aber eine von der Strassenfluchtlinie verschiedene, jedoch in der Regel höchstens 3 Meter von dieser zurückweichende Baufluchtlinie festgesetzt werden.

§ 2. Die Festsetzung von Fluchtlinien (§ 1) kann für einzelne Strassen und Strassentheile, oder, nach dem voraussichtlichen Bedürfnisse der näheren Zukunft, durch Aufstellung von Bebauungsplänen für grössere Grundflächen erfolgen.

Handelt es sich in Folge von umfassenden Zerstörungen durch Brand oder andere Ereignisse um die Wiederbebauung ganzer Ortstheile, so ist die Gemeinde verpflichtet schleunigst darüber zu beschliessen, ob und inwiefern für den betreffenden Ortstheil ein neuer Bebauungsplan aufzustellen ist und eintretenden Falls die unverzügliche Feststellung des neuen Bebauungsplanes zu bewirken.

§ 3. Bei Festsetzung der Fluchtlinien ist auf Förderung des Verkehrs, der Feuersicherheit und der öffentlichen Gesundheit Bedacht zu nehmen, auch darauf zu halten, dass eine Verunstaltung der Strassen und Plätze nicht eintritt.

Es ist deshalb für die Herstellung einer genügenden Breite der Strassen und einer guten Verbindung der neuen Bauanlagen mit den bereits bestehenden Sorge zu tragen.

§ 4. Jede Festsetzung von Fluchtlinien (§ 1) muss eine genaue Bezeichnung der davon betroffenen Grundstücke und Grundstückstheile und eine Bestimmung der Höhenlage, sowie der beabsichtigten Entwässerung der betreffenden Strassen und Plätze enthalten.

§ 5. Die Zustimmung der Ortspolizeibehörde (§ 1) darf nur versagt werden, wenn die von derselben wahrzunehmenden polizeilichen Rücksichten die Versagung fordern.

Will sich der Gemeindevorstand bei der Versagung nicht beruhigen, so beschliesst auf sein Ansuchen der Kreisausschuss. Derselbe beschliesst auf Ansuchen der Ortspolizei-Behörde über die Bedürfnissfrage, wenn der Gemeindevorstand die von der Ortspolizei-Behörde verlangte Festsetzung (§ 1 Alinea 2) ablehnt.

§ 6. Betrifft der Plan der beabsichtigten Festsetzungen (§ 4) eine Festung, oder fallen in denselben öffentliche Flüsse, Chausseen, Eisenbahnen oder Bahnhöfe, so hat die Ortspolizei-Behörde dafür zu sorgen, dass den betheiligten Behörden rechtzeitig zur Wahrung ihrer Interessen Gelegenheit gegeben wird.

§ 7. Nach erfolgter Zustimmung der Ortspolizei-Behörde, bezüglich des Kreisausschusses (§ 5), hat der Gemeindevorstand den Plan zu Jedermanns Einsicht offen zu legen. Wie letzteres geschehen soll, wird in der ortsüblichen Art mit dem Bemerken bekannt gemacht, dass Einwendungen gegen den Plan innerhalb einer bestimmt zu bezeichnenden präclusivischen Frist von mindestens vier Wochen bei dem Gemeindevorstande anzubringen sind.

Handelt es sich um Festsetzungen, welche nur einzelne Grundstücke betreffen, so genügt statt der Offenlegung und Bekanntmachung eine Mittheilung an die betheiligten Grundeigenthümer.

§ 8. Ueber die erhobenen Einwendungen (§ 7) hat, soweit dieselben nicht durch Verhandlungen zwischen dem Gemeindevorstande und den Beschwerdeführern zur Erledigung kommen, der Kreisausschuss zu beschliessen. Sind Einwendungen nicht erhoben oder ist über dieselben endgültig (§ 16) beschlossen, so hat der Gemeindevorstand den Plan förmlich festzustellen, zu Jedermanns Einsicht offen zu legen und, wie dies geschehen soll, ortsüblich bekannt zu machen.

§ 9. Sind bei Festsetzung von Fluchtlinien mehrere Ortschaften betheiligt, so hat eine Verhandlung darüber zwischen den betreffenden Gemeindevorständen stattzufinden.

Ueber die Punkte, hinsichtlich deren eine Einigung nicht zu erzielen ist, beschliesst der Kreisausschuss.

§ 10. Jede, sowohl vor als nach Erlass dieses Gesetzes getroffene Festsetzung

von Fluchtlinien kann nur nach Massgabe der vorstehenden Bestimmungen aufgehoben oder abgeändert werden.

Zur Festsetzung neuer oder Abänderung schon bestehender Bebauungspläne in den Städten Berlin, Potsdam, Charlottenburg und deren nächster Umgebung bedarf es Königlicher Genehmigung.

§ 11. Mit dem Tage, an welchem die im § 8 vorgeschriebene Offenlegung beginnt, tritt die Beschränkung des Grundeigenthümers, dass Neubauten, Um- und Ausbauten über die Fluchtlinie hinaus versagt werden können, endgültig ein. Gleichzeitig erhält die Gemeinde das Recht, die durch die festgesetzten Strassenfluchtlinien für Strassen und Plätze bestimmte Grundfläche dem Eigenthümer zu entziehen.

§ 12. Durch Ortsstatut kann festgestellt werden, dass an Strassen oder Strassentheilen, welche noch nicht gemäss den baupolizeilichen Bestimmungen des Orts für den öffentlichen Verkehr und den Anbau fertig hergestellt sind, Wohngebäude, die nach diesen Strassen einen Ausgang haben, nicht errichtet werden dürfen.

Das Ortsstatut hat die näheren Bestimmungen innerhalb der Grenze vorstehender Vorschrift festzusetzen und bedarf der Bestätigung des Bezirksrathes. Gegen den Beschluss des Bezirksrathes ist innerhalb einer Präclusivfrist von einundzwanzig Tagen die Beschwerde bei dem Provinzialrathe zulässig.

Nach erfolgter Bestätigung ist das Statut in ortsüblicher Art bekannt zu machen.

§ 13. Eine Entschädigung kann wegen der nach den Bestimmungen des § 12 eintretenden Beschränkung der Baufreiheit überhaupt nicht, und wegen Entziehung oder Beschränkung des von der Festsetzung neuer Fluchtlinien betroffenen Grundeigenthums nur in folgenden Fällen gefordert werden:

1. wenn die zu Strassen und Plätzen bestimmten Grundflächen auf Verlangen der Gemeinde für den öffentlichen Verkehr abgetreten werden;
2. wenn die Strassen- oder Baufluchtlinie vorhandene Gebäude trifft und das Grundstück bis zur neuen Fluchtlinie von Gebäuden freigelegt wird;
3. wenn die Strassenfluchtlinie einer neu anzulegenden Strasse ein unbebautes, aber zur Bebauung geeignetes Grundstück trifft, welches zur Zeit der Feststellung dieser Fluchtlinie an einer bereits bestehenden und für den öffentlichen Verkehr und den Anbau fertig gestellten anderen Strassen belegen ist, und die Bebauung in der Fluchtlinie der neuen Strasse erfolgt.

Die Entschädigung wird in allen Fällen wegen der zu Strasse und Plätzen bestimmten Grundfläche für Entziehung des Grundeigenthums gewährt. Ausserdem wird in denjenigen Fällen der Nr. 2, in welchen es sich um eine Beschränkung des Grundeigenthums in Folge der Festsetzung einer von der Strassenfluchtlinie verschiedenen Baufluchtlinie handelt, für die Beschränkung des bebaut gewesenen Theiles des Grundeigenthums (§ 12 des Gesetzes über Enteignung von Grundeigenthum vom 11. Juni 1874) Entschädigung gewährt.

In allen obengedachten Fällen kann der Eigenthümer die Uebernahme des ganzen Grundstücks verlangen, wenn dasselbe durch die Fluchtlinie entweder ganz oder soweit in Anspruch genommen wird, dass das Restgrundstück nach den baupolizeilichen Vorschriften des Ortes nicht mehr zur Bebauung geeignet ist.

Bei den Vorschriften dieses Paragraphen ist unter der Bezeichnung „Grundstück" jeder im Zusammenhange stehende Grundbesitz des nämlichen Eigenthümers begriffen.

§ 14. Für die Feststellung der nach § 13 zu gewährenden Entschädigungen und die Vollziehung der Enteignung kommen die §§ 24 ff. des Gesetzes über Enteignung von Grundeigenthum vom 11. Juni 1874 zur Anwendung.

Streitigkeiten über Fälligkeit des Anspruchs auf Entschädigung gehören zur gerichtlichen Entscheidung.

Die Entschädigungen sind, soweit nicht ein aus besonderen Rechtstiteln Verpflichteter dafür aufzukommen hat, von der Gemeinde aufzubringen, innerhalb deren Bezirk das betreffende Grundstück belegen ist.

§ 15. Durch Ortsstatut kann festgesetzt werden, dass bei der Anlegung einer neuen oder bei der Verlängerung einer schon bestehenden Strasse, wenn solche zur Bebauung bestimmt ist, sowie bei dem Anbau an schon vorhandenen, bisher

unbebauten Strassen und Strassentheilen von dem Unternehmer der neuen Anlage oder von den angrenzenden Eigenthümern — von letzteren sobald sie Gebäude an der neuen Strasse errichten — die Freilegung, erste Einrichtung, Entwässerung und Beleuchtungsvorrichtung der Strasse in der dem Bedürfnisse entsprechenden Weise beschafft, sowie deren zeitweise, höchstens jedoch fünfjährige Unterhaltung, beziehungsweise ein verhältnissmässiger Beitrag oder der Ersatz der zu allen diesen Massnahmen erforderlichen Kosten geleistet werde. Zu diesen Verpflichtungen können die angrenzenden Eigenthümer nicht mehr als die Hälfte der Strassenbreite, und wenn die Strasse breiter als 26 Meter ist, nicht für mehr als 13 Meter der Strassenbreite herangezogen werden.

Bei Berechnung der Kosten sind die Kosten der gesammten Strassenanlage und beziehungsweise deren Unterhaltung zusammen zu rechnen und den Eigenthümern nach Verhältniss der Länge ihrer, die Strasse berührenden Grenze zur Last zu legen.

Das Ortsstatut hat die näheren Bestimmungen innerhalb der Grenze vorstehender Vorschrift festzusetzen. Bezüglich seiner Bestätigung, Anfechtbarkeit und Bekanntmachung gelten die im § 12 gegebenen Vorschriften.

Für die Haupt- und Residenzstadt Berlin bewendet es bis dem Zustandekommen eines solchen Statuts bei den Bestimmungen des Regulativs vom 31. December 1838.

§ 16. Gegen die Beschlüsse des Kreisausschusses steht dem Betheiligten in den Fällen der §§ 5, 8, 9 die Beschwerde bei dem Bezirksrathe innerhalb einer Präclusivfrist von einundzwanzig Tagen zu.

In den Fällen, in denen es sich um Wiederbebauung ganzer durch Brand oder andere Ereignisse zerstörter Ortstheile handelt, tritt an die Stelle dieser Präclusivfrist eine solche von einer Woche.

§ 17. Die durch die §§ 5, 8 und 9 dem Kreisausschusse und in höherer Instanz dem Bezirksrathe beigelegten Befugnisse und Obliegenheiten werden in den einem Landkreise angehörigen Städten mit mehr als 10,000 Einwohnern, oder wenn unter mehreren betheiligten Gemeinden (§ 9) sich eine solche Stadt befindet, von dem Bezirksrathe und in höherer Instanz von dem Provinzialrathe, in den Stadtkreisen oder wenn unter mehreren betheiligten Gemeinden (§ 9) sich ein Stadtkreis befindet, von dem Provinzialrathe und auf Ansuchen der Gemeinde in höherer Instanz von dem Minister für Handel wahrgenommen.

§ 18. Bis dahin, dass in den verschiedenen Provinzen der Monarchie die Kreisausschüsse und die Bezirks- und Provinzialräthe gebildet sind, hat die Bezirksregierung (Landdrostei) die denselben durch dieses Gesetz überwiesenen Geschäfte wahrzunehmen.

Die Beschlussfassung in der höheren Instanz steht in den Fällen der §§ 5, 8 und 9 dem Minister für Handel, im Falle der §§ 12 und 15 dem Oberpräsidenten zu.

Für die Stadt Berlin liegt bis zur Bildung einer besonderen Provinz Berlin die Wahrnehmung der in den §§ 5, 8 und 9 dem Kreisausschusse beigelegten Functionen dem Minister für Handel etc., die Bestätigung der Statuten nach den §§ 12 und 15 dem Minister des Innern ob.

§ 19. Alle den Bestimmungen dieses Gesetzes entgegenstehenden allgemeinen und besonderen gesetzlichen Vorschriften werden hierdurch aufgehoben.

Alle Bestimmungen der im Verwaltungswege erlassenen Bauordnungen, sonstigen polizeilichen Anordnungen und Ortsstatuten, welche mit den Vorschriften dieses Gesetzes in Widerspruch stehen, treten ausser Kraft.

§ 20. Der Minister für Handel wird mit der Ausführung dieses Gesetzes beauftragt.

Ministerial-Vorschriften für die Aufstellung von Fluchtlinien- und Bebauungsplänen vom 28. Mai 1876.

§ 1. Für die Festsetzung von Fluchtlinien (§§ 1—4 des Gesetzes vom 2. Juli 1875) sind der Regel nach und soweit nicht nachstehend (§ 13) Ausnahme-Bestimmungen getroffen werden, folgende Vorlagen zu machen:

I. Situations-Pläne, und zwar

a) Fluchtlinien-Pläne, sofern es um die Festsetzung von Fluchtlinien bei Anlegung oder Veränderung von einzelnen Strassen oder Strassentheilen sich handelt,
b) Bebauungs-Pläne, sofern es um die Festsetzung von Fluchtlinien für grössere Grundflächen und ganze Ortstheile sich handelt,
c) Uebersichts-Pläne.

II. Höhen-Angaben.

a) Längen-Profile,
b) Quer-Profile,
c) Horizontal-Curven und Höhenzahlen in den Situationsplänen.

III. Erläuternde Schriftstücke:

§ 2. Diese Vorlagen sollen:
A) den gegenwärtigen Zustand,
B) den Zustand, welcher durch die nach Massgabe der beabsichtigten Fluchtlinien-Festsetzung erfolgende Anlegung von Strassen und Plätzen herbeigeführt werden soll,

klar und bestimmt darstellen. Dieselben müssen durch einen vereidigten Feldmesser aufgenommen oder als richtig bescheinigt und durch einen geprüften Baumeister oder einen im Communaldienste angestellten Baubeamten, durch welche die Richtigkeit der Aufnahme gleichfalls bescheinigt werden kann, mindestens unter der Mitwirkung eines solchen bearbeitet und dem entsprechend unterschriftlich vollzogen sein.

§ 7. Die Aufstellung der Projecte bedingt eine sorgfältige Erwägung der gegenwärtig vorhandenen, sowie des in der näheren Zukunft voraussichtlich eintretenden öffentlichen Bedürfnisses unter besonderer Berücksichtigung der in dem § 3 des Gesetzes vom 2. Juli 1875 hervorgehobenen Gesichtspunkte.

Im Interesse der Förderung der öffentlichen Gesundheit und Feuersicherheit ist auch auf eine zweckmässige Vertheilung der öffentlichen Plätze sowie der Brunnen Bedacht zu nehmen.

Betreffs der Strassenbreiten empfiehlt es sich, bei neuen Strassen-Anlagen die Grenzen, über welche hinaus die Bebauung ausgeschlossen ist,
a) bei Strassen, welche als Hauptadern des Verkehrs die Entwickelung eines lebhaften und durchgehenden Verkehrs erwarten lassen, nicht unter 30 m,
b) bei Nebenverkehrs-Strassen von beträchtlicher Länge nicht unter 20 m,
c) bei allen anderen Strassen nicht unter 12 m

anzunehmen.

Bei den unter a und b bezeichneten Strassen ist ein Längen-Gefälle von mehr als 1 : 50, bezw. von 1 : 40, bei Rinnsteinen ein solches von nicht weniger als 1 : 200 nach Möglichkeit anzustreben.

C. Aus dem Gesetz vom 25. August 1876 (G.-S. S. 405) betreffend die Gründung neuer Ansiedlungen, bezw. neuer Kolonien.

§ 13. Wer ausserhalb einer im Zusammenhange gebauten Ortschaft ein Wohnhaus errichten oder ein schon vorhandenes Gebäude zum Wohnhause einrichten will, bedarf einer von der Ortspolizei-Behörde zu ertheilenden Ansiedlungsgenehmigung. Vor deren Aushändigung darf die polizeiliche Bauerlaubniss nicht ertheilt werden. Die Ansiedlungsgenehmigung ist nicht erforderlich für Wohnhäuser, welche in den Grenzen eines nach dem Gesetz vom 2. Juli 1875 festgestellten Bebauungsplans, oder welche auf einem bereits bebauten Grundstücke im Zusammenhange mit bewohnten Gebäuden errichtet oder eingerichtet werden sollen.

§ 14. Die Ansiedelungsgenehmigung ist zu versagen, wenn nicht nachgewiesen ist, dass der Platz, auf welchem die Ansiedlung gegründet werden soll, durch einen jederzeit offenen Weg zugänglich, oder dass die Beschaffung eines solchen Weges gesichert ist. Wenn nur der letztere Nachweis erbracht werden kann, so ist bei Ertheilung der Ansiedelungsgenehmigung für die Beschaffung des Weges eine Frist zu bestimmen, nach deren fruchtlosem Ablaufe das polizeiliche Zwangsverfahren eintritt.

§ 15. Die Ansiedelungsgenehmigung kann versagt werden, wenn gegen die Ansiedelung von dem Eigenthümer, dem Nutzungs- oder Gebrauchsberechtigten oder dem Pächter eines benachbarten Grundstücks oder von dem Vorsteher des Gemeinde- (Guts-) Bezirks, zu welchem das zu besiedelnde Grundstück gehört, oder von einem der Vorsteher derjenigen Gemeinde- (Guts-) Bezirke, an welche dasselbe grenzt, Einspruch erhoben und der Einspruch durch Thatsachen begründet wird, welche die Annahme rechtfertigen, dass die Ansiedelung den Schutz der Nutzungen benachbarter Grundstücke aus dem Feld- oder Gartenbau, aus der Forstwirthschaft, der Jagd oder der Fischerei gefährden werde.

§ 16. Vor Ertheilung der Ansiedelungsgenehmigung sind die betheiligten Gemeinde- (Guts-) Vorsteher (§ 15) von dem Antrage in Kenntniss zu setzen. Diese haben den Antrag innerhalb ihrer Gemeinden (Gutsbezirke) auf ortsübliche Art mit dem Bemerken bekannt zu machen, dass gegen den Antrag von den Eigenthümern, Nutzungs-, Gebrauchsberechtigten und Pächtern der benachbarten Grundstücke innerhalb einer Präclusivfrist von einundzwanzig Tagen bei der Ortspolizei-Behörde Einspruch erhoben werden könne, wenn der Einspruch sich durch Thatsachen der in § 15 bezeichneten Art begründen lasse.

Die erhobenen Einsprüche sind von der Ortspolizei-Behörde, geeignetenfalls nach Anhörung des Antragstellers und derjenigen, welche Einspruch erhoben haben, sowie nach Aufnahme des Beweises zu prüfen.

§ 17. Die Versagung der Genehmigung auf Grund des § 14 oder auf Grund erhobener Einsprüche (§ 15), sowie die Zurückweisung der gegen die Ansiedelungsgenehmigung erhobenen Einsprüche erfolgt durch einen Bescheid der Ortspolizei-Behörde, welcher mit Gründen zu versehen und dem Antragsteller, sowie denjenigen, welche Einspruch erhoben haben, zu eröffnen ist.

Gegen den Bescheid steht dem Antragsteller, sowie denjenigen, welche Einspruch erhoben haben, innerhalb einer Präclusivfrist von zehn Tagen nach Zustellung des Bescheides, den Tag der Zustellung ungerechnet, die Klage im Verwaltungsstreitverfahren offen.

Zuständig ist der Kreisausschuss, in Stadtkreisen das Bezirksverwaltungsgericht.

§ 18. Wer ausserhalb einer im Zusammenhange gebauten Ortschaft eine Kolonie anlegen will, hat dazu die Genehmigung des Kreisausschusses, in Stadtkreisen der Ortspolizei-Behörde, zu beantragen. Mit dem Antrage ist ein Plan vorzulegen und darin nachzuweisen, in welcher Art die Gemeinde-, Kirchen- und Schulverhältnisse der Kolonie geordnet werden sollen.

§ 19. Die Genehmigung zur Anlegung einer Kolonie kann versagt werden, wenn und so lange die Gemeinde-, Kirchen- und Schulverhältnisse nicht dem öffentlichen Interesse und den bestehenden gesetzlichen und statutarischen Bestimmungen gemäss geordnet sind.

D. Orts-Statut I für Berlin vom 8. October 1875.

Auf Grund des § 11 der Städte-Ordnung vom 30. Mai 1853 und des § 12 des Gesetzes vom 2. Juli 1875 wird für den hiesigen Gemeindebezirk Folgendès bestimmt:

§ 1. Wohngebäude dürfen an Strassen oder Strassentheilen, an welchen sie einen Ausgang haben, nur errichtet werden, wenn diese Strassen oder Strassentheile den baupolizeilichen Vorschriften gemäss befestigt, entwässert und mindestens mittelst einer regulirten Strasse zugänglich sind.

§ 2. Ausnahmen in Einzelfällen mit Rücksicht auf Umfang, Bestimmung, örtliche Lage etc. der beabsichtigten Bauten können vorbehaltlich der Zustimmung der Bau-Polizei-Behörde von der städtischen Bau-Verwaltung bewilligt werden.

Orts-Statut II für Berlin vom 7. März 1877.

Auf Grund des § 11 der Städte-Ordnung vom 30. Mai 1853 und des § 15 des Gesetzes vom 2. Juli 1875 wird für den hiesigen Gemeindebezirk Folgendes bestimmt:

a) Anlage neuer Strassen durch die Stadtgemeinde.

1. Verpflichtung der Adjacenten zur Erstattung der Anlagekosten.

§ 1. Bei der Seitens der Stadtgemeinde erfolgenden Anlage einer neuen oder bei der Verlängerung einer schon bestehenden Strasse, welche zur Bebauung bestimmt ist, sind die Besitzer der angrenzenden Grundstücke, sobald auf denselben Gebäude an diesen Strassen errichtet werden, verpflichtet, der Stadtgemeinde diejenigen Kosten zu erstatten, welche ihr für die Freilegung, erste Einrichtung, Pflasterung und Entwässerung der Strasse erwachsen.

§ 2. Zu den Kosten der Freilegung gehören auch die Kosten der Erwerbung des Grund und Bodens der Strasse einschliesslich des Bürgersteiges.

Ist das Strassenland zum Theil unentgeltlich von angrenzenden Grundstücken abgetreten worden, so wird behufs Feststellung des auf die einzelnen adjacirenden Grundstücke entfallenden Antheils an den Grunderwerbskosten das unentgeltlich abgetretene Terrain mit dem vom Magistrat, unter Berücksichtigung des Preises des entgeltlich erworbenen Terrains, festgestellten Werthe, bei der Ermittelung der Gesammtkosten in Rechnung gestellt, demnächst aber denjenigen Adjacenten auf ihren Beitrag zu den Gesammtkosten in Abzug gebracht, von deren Grundstücken das Strassenland unentgeltlich abgetreten ist.

§ 3. Zu den Kosten der ersten Einrichtung und Pflasterung gehören insbesondere auch diejenigen der Herstellung des Anschlusses an Nebenstrassen, sowie der Ueberfahrts- und Uebertrittsbrücken.

Als Kosten des zur ersten Pflasterung verwendeten Materials incl. Arbeitslohn wird ein alljährlich durch Communalbeschluss pro Quadratmeter festzustellender Preis in Rechnung gestellt. Derselbe soll für Haupt- und Nebenstrassen verschieden sein und den Preis der nach Communalbeschluss für derartige Strassen zulässigen geringsten Qualität Pflaster nicht übersteigen.

Ob eine Strasse als Haupt- oder Nebenstrasse zu erachten, wird durch den Magistrat festgestellt.

Die Kosten der Herstellung von Promenaden, Baum- und anderen Pflanzungen sind nicht zu erstatten.

2. Feststellung und Vertheilung der Anlagekosten auf die zur Erstattung Verpflichteten.

§ 4. Für Vertheilung der Gesammtkosten gilt derjenige zusammenhängende Strassentheil als Einheit, dessen Regulirung zu derselben Zeit erfolgt ist.

§ 5. Bei Strassen von mehr als 26 Meter Breite ist von den Kosten der Gesammtanlage ein, nach dem Verhältniss von 26 Metern zu der Gesammtbreite der Strassen berechneter Beitrag von den Adjacenten zu erstatten, der Ueberrest fällt der Stadtgemeinde zur Last.

§ 6. Der nach §§ 1—5 zur Einziehung gelangende Betrag wird durch den Magistrat vorbehaltlich des Beschwerdeweges endgültig festgestellt und auf die angrenzenden Grundstücke nach Verhältniss der Länge ihrer die Strassen berührenden Grenze vertheilt.

§ 7. Die Zahlung der nach §§ 1—6 zu leistenden Beiträge hat gegen Ertheilung der Bau-Erlaubniss zur Errichtung von Gebäuden an neuen Strassen resp. Strassentheilen zu erfolgen.

Steht zur Zeit der Ertheilung derselben der Beitrag des betreffenden Adjacenten noch nicht fest, so ist von demselben, sofern es der Magistrat für erforderlich und angemessen erachtet, eine von Letzterem der Höhe nach zu bestimmende Caution in baarem Gelde oder in depositalmässigen Papieren zu bestellen, aus welcher die Tilgung des demnächst ermittelten Beitrags in erster Linie erfolgt. Für den etwaigen Ueberrest bleibt das Grundstück verhaftet.

§ 8. Der Magistrat ist befugt, mit Rücksicht auf die Vermögenslage der Zahlungspflichtigen für die Entrichtung der Beiträge Ratenzahlung oder Zahlungsfrist bis zu höchstens 2 Jahren von der Fälligkeit ab, zu bewilligen.

b) Anlage und Unterhaltung neuer, im Bebauungsplan festgestellter Strassen durch Unternehmer oder Adjacenten.

1. Anlage der Strassen.

§ 9. Wenn Unternehmer oder Adjacenten eine im Bebauungsplan festgestellte Strasse oder einen Theil einer solchen anlegen wollen, so ist die Genehmigung dazu bei dem Magistrat nachzusuchen, abgesehen von der ausserdem erforderlichen Genehmigung der Bau-Polizei.

Zu dem Behufe ist ein Situationsplan und ein Nivellementsplan derselben, aus welchen insbesondere auch der Anschluss der herzustellenden Entwässerungsanlagen an die bestehenden öffentlichen Anlagen ersichtlich ist, und zwar in je 5 Exemplaren einzureichen.

Den Unternehmern etc. stehen für die Ausarbeitung der betreffenden Pläne die bei dem Magistrat befindlichen einschlagenden Materialien zur Benutzung auf ihre Kosten durch ihre Sachverständigen offen, soweit das Verwaltungsinteresse es gestattet.

Der Situationsplan muss die in die Strasse fallenden und an dieselbe angrenzenden Grundstücke bis auf 30 Meter Entfernung von den Strassenfluchtlinien, deren Grundbuch-Bezeichnung und Besitzer ersichtlich machen.

Die Genehmigung kann nur versagt werden, wenn Gründe des öffentlichen Interesses der Herstellung der Strasse entgegenstehen.

Die betreffenden Gründe sind in dem Versagungs-Bescheide anzugeben.

§ 10. Erklären sich die Unternehmer resp. Adjacenten zur Ausführung der Strassenanlage gemäss der ertheilten Genehmigung bereit, oder nehmen sie die Ausführung thatsächlich in Angriff, so sind sie verpflichtet, die Strassenanlage innerhalb der in der Genehmigung gestellten Frist zu vollenden, widrigenfalls die erforderlichen Arbeiten von der Stadt-Gemeinde für Rechnung der Unternehmer resp. Adjacenten ausgeführt werden können. Das zur Strassenanlage erforderliche Terrain ist vor Beginn der Arbeiten zur Herstellung derselben an die Stadtgemeinde zu übereignen und auf deren Verlangen pfandfrei zu stellen.

Ob die Herstellung bedingungsmässig erfolgt ist, entscheidet der Magistrat, bei welchem die Abnahme, abgesehen von der baupolizeilichen Abnahme, beantragt werden muss.

2. Unterhaltung.

§ 11. Die Unterhaltung der gemäss § 9 ff. angelegten Strassen geht, sobald dieselben bedingungsmässig hergestellt sind, auf die Stadt-Gemeinde über, dagegen haben die Unternehmer resp. Adjacenten — letztere soweit sie nach diesem Statute zu den Kosten der neuen Strassenanlage beitragspflichtig sind, — entweder

a) die Kosten dieser Unterhaltung oder

b) einen alljährlich durch Communalbeschluss festzusetzenden Beitrag zu denselben bis zum Ablaufe des auf das Jahr des Beginnes der Unterhaltung folgenden vierten Kalenderjahres zu tragen.

In dem Falle a wird der Betrag der Kosten durch den Magistrat definitiv festgestellt.

Die Kosten der Unterhaltung oder der Beiträge zu diesen werden erforderlichen Falls im Wege der administrativen Execution eingezogen.

§ 12. Es soll gestattet sein, die im § 11 auferlegte Unterhaltungspflicht durch Zahlung eines Kapitals abzulösen, welches nach dem Flächen-Inhalte der zu unterhaltenden Strassenstrecke und nach dem pro Quadratmeter alljährlich durch Communalbeschluss festzustellenden Einheitssatze zu berechnen ist.

c) Anlage neuer im Bebauungsplane noch nicht festgestellter Strassen durch Unternehmer.

§ 13. Den Anträgen auf Genehmigung von Strassenanlagen in Abänderung oder Ergänzung des Bebauungsplanes sind Situations- und Nivellementspläne in der vom Magistrat für nothwendig erachteten Anzahl und Beschaffenheit beizufügen.

Auch ist auf Erfordern der Nachweis zu führen, in welcher Weise die Ausführung der Anlagen gesichert ist.

d) Anbau an vorhandenen unbebauten Strassen.

§ 14. Von den Grundstücken, welche an einer zur Zeit des Erlasses dieses Statuts schon vorhandenen, bisher unbebauten Strasse oder einem solchen Strassentheile liegen, ist, sobald diese Grundstücke an der Strasse bebaut werden, das zur Freilegung der Strasse in der durch den Bebauungsplan oder sonst in vorgeschriebener Weise festgestellten Breite erforderliche Terrain bis zur Mittellinie der Strasse unentgeltlich abzutreten, freizulegen, in das vorgeschriebene Niveau zu bringen und zu pflastern. Bei Strassen von mehr als 26 Metern Breite erstreckt sich diese Verpflichtung auf 13 Meter der Strassenbreite.

e) Allgemeine Vorschriften.

§ 15. Der Stadt-Gemeinde steht das Recht zu, in den Fällen der §§ 9 und 13 dieses Statuts die Ausführung der Strassenanlagen im öffentlichen Interesse selbst für Rechnung der Unternehmer zu übernehmen. In diesem Falle finden, soweit nicht besondere Vereinbarungen getroffen sind, die Vorschriften der §§ 1 bis 8 dieses Statuts Anwendung.

§ 16. Als Anlage einer neuen Strasse im Sinne dieses Statuts gilt auch die Umwandlung eines unregulirten Weges oder einer Landstrasse in eine städtische Strasse.

Strassenbau-Polizei-Verordnung für Berlin vom 12. September 1879.

Auf Grund des § 5 des Gesetzes vom 11. März 1850 über die Polizei-Verwaltung wird, mit Rücksicht auf den § 12 des Gesetzes vom 2. Juli 1875, betreffend die Anlegung und Veränderung von Strassen etc. und mit Bezug auf das Orts-Statut vom 8. October 1875, für den Umfang des Gemeindebezirks von Berlin, nach Berathung mit dem Gemeinde-Vorstande, Nachstehendes verordnet:

§ 1. Eine Strasse oder ein Strassentheil ist für den öffentlichen Verkehr und den Anbau als fertig hergestellt zu erachten, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

I. Für Strassen, welche nach Erlass dieser Verordnung angelegt werden:

1. die zur Strasse innerhalb der Strassenfluchtlinien erforderlichen Grundflächen müssen der Stadtgemeinde übereignet sein.
2. die Strasse muss
   a) in der Planlage,
   b) in der Höhenlage,
   c) in der Breite und Breiten-Eintheilung

   den Festsetzungen des Bebauungsplanes von Berlin und seinen Ergänzungen entsprechen.
3. Der Strassendamm muss mit Pflaster (Stein-, Holz-, Eisen- etc.) befestigt oder asphaltirt sein. Bei Steinpflasterung müssen rechtwinklig bearbeitete Bruchsteine, deren Fussflächen mindestens $^2/_3$ der Kopfflächen betragen und die in den Höhen, sowie in den Breiten nicht mehr als 1 Cm. von einander abweichen, verwendet sein. Das Pflaster muss wenigstens eine Kiesbettung von 20 Cm. erhalten.
4. Die Strasse muss mit einer genügenden, dem Bebauungsplan und seinen Ergänzungen entsprechenden, an eine vorhandene öffentliche sich anschliessenden Entwässerungs-Anlage versehen sein.
5. Die Strasse muss an eine bereits regulirte Strasse durch Herstellung des Kreuzdammes angeschlossen sein.
6. Die Herstellung der Bürgersteige muss nach den Vorschriften der Bau-Polizei-Ordnung vom 21. April 1853 und der Verordnung vom 17. Januar 1873 geschehen.

II. Bei den gegenwärtig vorhandenen Strassen

muss der Strassenkörper zwischen den bestehenden Strassenfluchten in seiner ganzen Breite als Bürgersteig und Fahrdamm mit Steinen, Asphaltirung oder

Macadamisirung vollständig befestigt, und es müssen unterirdische Entwässerungscanäle oder ausgemauerte Rinnsteine vorhanden sein, welche dem Bebauungsplane und seinen Ergänzungen entsprechen und sich an eine öffentliche Entwässerungsanlage anschliessen.

§ 2. Strassen oder Strassenstrecken, welche nur chausseemässig unterhalten werden oder nur mit sogenannten Bauerndämmen versehen sind, gelten nicht als für den Anbau fertig gestellt.

§ 3. Ob die vorstehenden Bedingungen erfüllt sind, unterliegt der gemeinschaftlichen Entscheidung des Königlichen Polizei-Präsidii und der Strassenbau-Polizei-Verwaltung.

E. Baupolizei-Ordnung für die Stadt Berlin,
nebst Ergänzungsverordnungen.

§ 1. Zu jedem Neubau, sowie zu jeder Reparatur oder Veränderung einer baulichen Anlage ist polizeiliche Erlaubniss nöthig.

§ 4. Die Bau-Erlaubniss ist schriftlich bei dem Polizei-Präsidium nachzusuchen. Dieselbe ist in allen Fällen erforderlich, wenn auch der Bau nicht durch den freien Entschluss des Eigenthümers veranlasst worden ist.

Bekanntmachung, die Bau-Ausführung in der Stadt Berlin betreffend vom 26. Januar 1876.

Durch das Gesetz vom 2. Juli 1875 ist die Bearbeitung des Stadt-Bauplans und durch die Allerhöchste Cabinets-Ordre vom 28. December 1875 die örtliche Strassenbau-Polizei von Berlin der Stadt-Gemeinde Berlin übertragen worden, dagegen die Hochbau-Polizei dem Königlichen Polizei-Präsidium verblieben. In Folge dieser Ressort-Veränderungen erscheint es geboten, dass der hiesige Magistrat von allen denjenigen Baugesuchen Kenntniss erhält, welche von reglementarischen oder statutarischen Leistungen an die Stadt-Gemeinde Berlin abhängig zu machen sind, sowie von allen denjenigen Baugesuchen, bei denen eine bereits durchgeführte oder im Bebauungsplan vorgesehene Fluchtlinie in Frage kommt, damit diese Linie örtlich abgesteckt und überhaupt alles im strassenbaupolizeilichen Interesse Erforderliche vorgeschrieben werden kann.

Demgemäss werden alle Baugesuche, welche einen Neu-, Um- oder grösseren Reparatur-Bau längs einer bereits angelegten oder projectirten oder in Aussicht genommenen Strasse betreffen, fortab zunächst dem Magistrat mit den Bauzeichnungen und einem genauen Situationsplan in drei Exemplaren, wovon eines für die Acten des Polizei-Präsidiums, eines für die des Magistrats und eines für den Bauunternehmer bestimmt sind, einzureichen und erst, wenn der Magistrat seine Genehmigung in strassenbaupolizeilicher und communaler Hinsicht zu dem Bau ertheilt hat, dem Polizei-Präsidium einzureichen sein. Für die schleunigste Bearbeitung derartiger Gesuche bei dem Magistrat sind die nöthigen Einrichtungen getroffen; es steht indessen auch nicht entgegen, dass gleichzeitig mit der Einreichung des Gesuchs beim Magistrat das für das Polizei-Präsidium bestimmte Exemplar der Bauzeichnungen dieser Behörde vorgelegt wird, um in die technische Prüfung eintreten und alles zur Ertheilung des Bau-Consenses Erforderliche vorbereiten zu können.

Indem die unterzeichneten Behörden das Vorstehende zur Kenntniss des betheiligten Publicums bringen, knüpfen sie hieran die Bitte um recht genaue Beachtung dieser im Interesse der Haupt- und Residenzstadt unentbehrlichen Vorschriften.

Gesuche, welche denselben nicht entsprechen, werden ohne Weiteres zurückgegeben werden.

§ 5. Das Bau-Erlaubnissgesuch muss

a. eine genaue und vollständige Angabe der beabsichtigten Bauausführung,

b. die Bezeichnung des Baumeisters oder der Werkmeister, welche mit der Ausführung beauftragt und dafür verantwortlich sind, enthalten.

Polizei-Verordnung für Berlin vom 16. December 1871.

Mit der Einführung des metrischen Maasses und Gewichtes am 1. Januar 1872 wird dessen ausschliessliche Anwendung auch bei den an das Polizei-Präsidium gerichteten Anträgen auf Genehmigung gewerblicher Anlagen und auf Bau-Erlaubniss erforderlich.

Es werden deshalb vom 1. Januar 1872 ab Zeichnungen und Pläne nach dem alten Maass nicht mehr angenommen. Alle Bauzeichnungen sind im Maassstab von 1 : 100 einzureichen.

Für die Umrechnung der in der Bauordnung vorgeschriebenen Maasse wird noch bemerkt, dass an Stelle der Ruthe und des Fusses das Meter, an Stelle des Zolles das Centimeter tritt, dass alle Zahlen auf ganze Centimeter abzurunden sind, wobei Bruchtheile unter ein Halb zu vernachlässigen und von ein Halb, wie über ein Halb für voll zu rechnen sind.

Nur für Eisen-Constructionen wird die Berechnung bis auf Millimeter erforderlich. Die Festigkeits-Coëfficienten sind indessen auch hier nach Kilogramm und Quadrat-Centimeter zu wählen.

§ 6. Die Bau-Erlaubniss wird schriftlich ertheilt. Sie betrifft nur die polizeiliche Zulässigkeit des Baues und erfolgt unbeschadet etwaiger Rechte Dritter.

Verordnung des Königl. Polizei-Präsidiums vom 10. December 1865 betreffend die Aufbewahrung und Vorzeigung der Bau-Erlaubnisscheine und der dazu gehörigen Zeichnungen.

a. Bei Ausführung von Bauten ist der Bau-Erlaubnisschein mit den zu demselben gehörigen Duplicat-Zeichnungen bis nach erfolgter Abnahme des Rohbaues auf der Baustelle aufzubewahren und den revidirenden Beamten dort zu jeder Zeit auf Verlangen zur Einsicht vorzulegen.

b. Uebertretungen dieser Verordnung werden sowohl gegen den Bauherrn als gegen die ausführenden verantwortlichen Baumeister mit Geldbusse bis zu 10 Thlr., im Unvermögensfalle mit verhältnissmässigem Gefängniss geahndet.

Dem Gesuche sind die zur Erläuterung und Prüfung desselben erforderlichen Zeichnungen und Situationspläne, durch Unterschrift eines geprüften Baumeisters oder eines am hiesigen Orte angesessenen Maurer- oder Zimmermeisters beglaubigt, in doppelten Exemplaren beizufügen. Die Zeichnungen müssen nach einem Maassstabe von 10 Fuss auf mindestens einen preussischen Zoll angefertigt und colorirt sein. Das Gesuch ist sowohl von dem Bauherrn als auch von den, den Bau ausführenden Maurer- und Zimmermeistern zu vollziehen.

§ 7. Die in den Fällen der §§ 1 und 3 ertheilte Bau-Erlaubniss verliert ihre Giltigkeit, wenn innerhalb Jahresfrist, vom Tage der Aushändigung des Bau-Erlaubnissscheines ab gerechnet, mit der Bau-Ausführung nicht begonnen ist.

§ 8. Der Bauherr hat von der Vollendung jedes Rohbaues, bevor der Abputz der Decken und Wände beginnt, dem Polizei-Lieutenant seines Reviers Anzeige zu machen.

Ergänzungs-Verordnung zu § 8 vom 29. October 1856.

a. Kein Neu-, Reparatur- oder Veränderungsbau, zu dessen Ausführung nach § 1 der Baupolizei-Ordnung für Berlin vom 21. April 1853 die polizeiliche Erlaubniss erforderlich ist, darf in Benutzung genommen werden, bevor derselbe nicht nach seiner völligen Vollendung einer Revision unterworfen und die Benutzung von den Revisoren gestattet worden ist. Die Bestimmung des § 90 der Baupolizei-Ordnung wird hierdurch nicht geändert.

b. Die Revision wird von den Raths-Maurer- und Raths-Zimmermeistern bewirkt und in der Regel mit der Aufnahme der Taxe des Baues, behufs Versicherung desselben bei der städtischen Feuer-Societät verbunden; sie ist deshalb von den Interessenten bei dem General-Feuer-Herrn zu beantragen.

c. Wer die sub a genannten Bauten in Benutzung nimmt, bevor die sub b gedachte Revision stattgefunden hat, verfällt in eine Geldbusse bis zu 10 Thlr. oder im Falle des Unvermögens in verhältnissmässige Gefängnissstrafe.

Verordnung des Königl. Polizei-Präsidiums vom 4. Mai 1865 bestimmt in den hierher gehörigen §§.

a. Mit Bezug auf den § 8 der Baupolizei-Ordnung für Berlin vom 21. April 1853, Inhalts dessen der Bauherr von der Vollendung jedes Rohbaues, behufs Revision und Abnahme des letzteren, dem Polizei-Lieutenant seines Reviers Anzeige zu machen hat, wird bestimmt, dass der Rohbau als vollendet gilt, wenn die Eindeckung der Dächer erfolgt ist, und die etwa anzulegenden unverbrennlichen Treppen vollendet sind.

b. Indessen kann der Bauherr nach erfolgter Eindeckung der Dächer auch schon vor Vollendung der unverbrennlichen Treppen die Abnahme des Rohbaues verlangen, wenn er sich verpflichtet, die Kosten der späteren besonderen Abnahme der Treppen zu zahlen.

§ 10. Die Fluchtlinien für Gebäude und bauliche Anlagen an Strassen und Plätzen wird von dem Polizei-Präsidium bestimmt.

§ 26. Gebäude dürfen nur auf Grundstücken errichtet werden, welche von einer öffentlichen Strasse oder einem öffentlichen Platze eine hinreichende Zufahrt haben. Die letztere muss überall mindestens 17 Fuss (5,34 m) breit sein. Bei einer Tiefe des Grundstücks von 100 Fuss (31,39 m) muss die Breite der Durchfahrt 19 Fuss (5,96 m) und für jede 100 Fuss grössere Tiefe 2 Fuss (0,63 m) mehr betragen, bis ein Maass von 24 Fuss (7,43 m) erreicht ist. Auch soll es dem Eigenthümer gestattet sein, statt der Verbreiterung der Zufahrt auf je 100 Fuss (31,39 m) Länge einen Ausweicheplatz von 24 Fuss (7,43 m) im Quadrat anzulegen.

§ 27. In jedem Grundstück muss bei der Bebauung ein freier Hofraum von mindestens 17 Fuss (5,34 m) Länge und Breite verbleiben; Ausnahmen sind nur bei älteren, schon früher bebaut gewesenen Eckgrundstücken gestattet.

Ersatz-Verordnung des Königl. Polizei-Präsidiums für § 28 vom 13. Juli 1865, betreffend die Bauhöhe und die Construction der Mansardendächer in Berlin.

a. An Stelle vorhandener Gebäude dürfen neue in der Höhe der bisherigen wieder aufgebaut, neue Gebäude überall bis auf 36 Fuss (11,3 m) Fronthöhe errichtet werden.

b. Bei einer Strassenbreite von mehr als 36 Fuss (11,3 m) darf die Fronthöhe der Vordergebäude die Breite der vorliegenden Strasse nicht überschreiten. Bei Eckhäusern ist jedoch die zulässige Fronthöhe für beide Strassen nach der breiteren Strasse zu bemessen.

c. Unter Fronthöhe wird die senkrechte Höhe vom Pflaster des Bürgersteigs unmittelbar an der Frontmauer bis zur Oberkante des Hauptgesimses, und, wo eine Attika vorhanden ist, bis zu deren Oberkante verstanden. Wenn der Bürgersteig in der Länge der Frontmauer abfällt, ist die Höhe von dem höchst gelegenen Punkte des Pflasters aus zu messen.

d. Die über der zulässigen Fronthöhe liegenden Dächer dürfen an keiner Stelle über diejenige Linie vorstehen, welche durch die äussere Fläche der Frontwand in der höchsten zulässigen Fronthöhe gezogen, einen Winkel von 60° gegen den Horizont bildet. Giebelfenster, durchbrochene Ballustraden, Dach- und Mansarden-Fenster oder ähnliche Aufbauten, wenn sie an irgend einer Stelle über die bezeichnete, für die Neigung der Dachfläche vorgeschriebene Linie hervorragen sollen, bedürfen der besonderen, ausdrücklichen Genehmigung des Polizei-Präsidiums, welche nur dann ertheilt werden kann, wenn die vorspringenden Theile nicht massenhaft und im Ganzen nur von so geringer Bedeutung sind, dass der Zweck, genügenden Zutritt von Luft und Licht zu den Strassen zu verschaffen, dadurch nicht vereitelt wird.

Ersatz-Verordnung des Königl. Polizei-Präsidiums vom 12. März 1860, Abänderungen der §§ 28, 31 und 41 der Baupolizei-Ordnung betreffend.

Der § 31 der Baupolizei-Ordnung vom 21. April 1853 wird aufgehoben. An dessen Stelle treten folgende Bestimmungen:

Gebäude auf demselben Grundstück müssen mit den Fronten mindestens 17 Fuss (5,3 m) von einander entfernt bleiben. Giebel gegen Giebel und Giebel gegen Front dürfen sich bis auf 8 Fuss (2,5 m) einander nähern, insofern die Länge der Giebel 24 Fuss (7,5 m) nicht übersteigt. Eine geringere Entfernung ist zulässig, sofern mit massiven Wänden feuersicher, d. h. dergestalt gebaut wird, dass sich in den gegenüberliegenden Gebäudetheilen keine Oeffnungen befinden.

In der Regel sollen alle Gebäude hart an der Nachbargrenze, oder 17 Fuss (5,3 m) davon entfernt, errichtet werden; andern Falls gelten auch hier die vorstehenden Bestimmungen.

Ausnahmen von dieser Regel sind, abgesehen von den eigentlichen Höfen, bei welchen die Bestimmung des § 27 der Bau-Ordnung unverändert bleibt, nur dann zulässig, wenn durch Vereinbarung der nachbarlichen Grundbesitzer sicher gestellt ist, dass der Raum, welcher sich zwischen gegenüberliegenden Gebäuden zweier Grundstücke, die in geringerer Entfernung von der gemeinschaftlichen Grenze aufgeführt sind, befindet, mindestens 17 Fuss (5,3 m) breit, und so lange die Gebäude stehen, unbebaut bleibt.

Grundstücke, auf denen sich nur Vordergebäude befinden, bedürfen keiner Durchfahrt; sind aber Seiten- oder Hintergebäude vorhanden, so muss bei der Bebauung des Grundstücks auf mehr als 100 Fuss (31,4 m) Tiefe von der Frontlinie des Vordergebäudes ab gerechnet, eine zum Transport der Löschwerkzeuge geeignete, unbeschränkte Durchfahrt von mindestens 8 Fuss (2,5 m) Breite und 9 Fuss (2,8 m) lichter Höhe eingerichtet werden.

Hat ein Grundstück mehrere Höfe, so ist für jeden Hof eine solche Durchfahrt erforderlich.

§ 32. Die Umfassungswände und diejenigen inneren Wände der Gebäude, auf welchen Balken ruhen, sind massiv aufzuführen.

§ 40. Mauern, welche die Verbreitung des Feuers verhindern sollen (Brandmauern), müssen von Grund aus massiv aufgeführt werden.

§ 41. Wände, welche an des Nachbars Grenze stehen oder gegenüber dieser Grenze weniger als 17 Fuss (5,3 m) von derselben entfernt sind, gelten als Brandmauern, welche keine Oeffnungen erhalten dürfen.

§ 42. In ausgedehnten Gebäuden sind von 100 zu 100 Fuss (31,4 m) bis über das Dach hinausgehende Brandmauern erforderlich, welche mit Ausnahme des im § 45 vorgesehenen Falles keine Oeffnungen erhalten dürfen.

§ 43. In denjenigen Gebäuden, deren Bestimmung einen grösseren freien ungetrennten Bewegungsraum erfordert, darf eine grössere Ausdehnung als 100 Fuss (31,4 m) gestattet werden, wogegen mit Rücksicht auf eine obwaltende besondere Feuergefährlichkeit die Anlegung von Brandmauern im Innern der Gebäude auch bei einer geringeren Länge als 100 Fuss (31,4 m) gefordert werden kann.

§ 44. Bei Theilung von Gebäuden unter zwei oder mehrere Besitzer muss jedes Gebäude besondere Brandmauern erhalten.

§ 45. In Brandmauern im Innern eines Gebäudes sind die zur Verbindung etwa erforderlichen Thüröffnungen ohne hölzerne Zargen anzufertigen, und mit von selbst zufallenden Thüren von Eisenblech zu versehen. In Wohnräumen bedarf es solcher eisernen Thüren nur im Dache.

§ 100. Die Breite anzulegender Bürgersteige soll in der Regel ein Fünftel der Strassenbreite und nicht über 20 Fuss (6,3 m) betragen. Auch hat jeder Grundbesitzer den Bürgersteig vor seinem Grundstück einschliesslich des Rinnsteins nach näherer Anweisung der Polizeibehörde zu pflastern und das Pflaster zu unterhalten.

Ergänzungs-Verordnung des Königl. Polizei-Präsidiums vom 17. Januar 1873 zu § 100, die Anlage, Verbesserung und Unterhaltung der Bürgersteige in Berlin betreffend.

a. Jeder Grundbesitzer ist verpflichtet, vor seinem Grundstück, dasselbe mag bebaut sein oder nicht, den Bürgersteig einschliesslich des Rinnsteins auf Anordnung des Königl. Polizei-Präsidii nach folgenden Bestimmungen anzulegen, zu verbessern und zu unterhalten.

b. Die Befestigung des Bürgersteigs hat ausser in den Fällen des Aufrufs

des Neu- und Umbaues durch Pflasterung, und, soweit erforderlich, mit Einlegung einer 1 Meter breiten Granitbahn zu erfolgen.

c. Das Königliche Polizei-Präsidium wird alljährlich nach Vereinbarung mit dem Gemeinde-Vorstande eine Reihe von zusammenhängenden Strassenstrecken öffentlich unter Angabe des Endtermins für die Ausführung ausrufen, in welchen die Herstellung des Bürgersteiges und des Strassengerinnes entsprechend den in den folgenden §§ getroffenen Bestimmungen zu erfolgen hat.

d. Vor jedem Grundstücke, auf welchem an der Strasse ein Neu- oder Umbau ausgeführt wird, müssen Bürgersteig und Strassengerinne gleichzeitig mit der Vollendung des Baues den in den folgenden §§ getroffenen Bestimmungen gemäss hergestellt werden.

Die für den Anschluss an die nachbarlichen Bürgersteige etwa erforderlichen Vorschriften werden in jedem einzelnen Falle von dem Königlichen Polizei-Präsidium ertheilt. (Folgen in weiteren Paragraphen detaillirte Vorschriften zur Ausführung der Bürgersteige.)

Im Anschluss an diese baupolizeilichen Vorschriften seien hier noch die Thesen mitgetheilt, welche zum Zweck einer eventuellen Verbesserung der bestehenden Bauordnungen von der in München 1875 tagenden Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege aufgestellt wurden, und welche sich grossentheils anschliessen an die ähnlichen Thesen der ersten Versammlung des Verbandes der Architecten- und Ingenieurvereine in Berlin 1874:

Thesen über die hygienischen Anforderungen an Neubauten, zunächst in neuen Quartieren grösserer Städte.

I. Betheiligung der Aerzte und Bautechniker.

1. Um die nothwendigen hygienischen Anforderungen an neue Stadttheile und neue Wohnungen rechtzeitig und vollständig zur Geltung zu bringen, erscheint es nothwendig, dass in den verschiedenen, mit Entwerfung, Begutachtung, Genehmigung und Ueberwachung von Stadtbebauungsplänen und Einzelgebäuden betrauten Gremien sich neben Verwaltungsbeamten und Bautechnikern ein stimmberechtigter Arzt befinde.

II. Hygienische Anforderungen an die allgemeinen Anlagen.

2. Zur Erfüllung der hygienischen Anforderungen an die Wohnungen in neuen Stadttheilen ist die frühzeitige Aufstellung eines Bebauungsplanes erforderlich. Bei dieser Projectirung ist neben der Feststellung der Grundzüge aller Verkehrsmittel (Strassen, Locomotiv- und Pferdebahnen, Canäle) vor Allem der Gesichtspunkt festzuhalten, dass durch Zahl, Breite, Richtung und Höhenlage der Strassen und Plätze, sowie bei Anschüttungen derselben durch unbedingten Ausschluss jedweden nicht den hygienischen Forderungen entsprechenden Materials, der Reinheit und Trockenheit des Bodens,

dem hinreichenden Zutritt von Luft und Licht, sowie einer vollständigen Entwässerung und Wasserversorgung möglichst Vorschub geleistet werde.

3. Bei dieser Anlage mag auf Gruppirung verschiedenartiger Stadttheile (für Grossindustrie, Handel u. s. w.) Rücksicht genommen werden. Eine zwangsweise Zusammenlegung gewisser Arten von Gebäuden soll aber nur aus sanitarischen Rücksichten für Gewerbe eintreten dürfen.

4. Bei Feststellung des Bebauungsplanes ist, wenn man in dieser Hinsicht freie Hand hat, Rücksicht auf die Bodenbeschaffenheit und in Betreff der Richtung der Strassen auf die geeigneten Weltgegenden Rücksicht zu nehmen; am meisten empfehlen sich Südost-Nordwest-Strassen und Nordost-Südwest-Strassen. Für Westost-Strassen ist im Allgemeinen eine grössere Breite erforderlich als für Nordsüd-Strassen.

5. Um den Gebäuden und einzelnen Wohnungen genügend Luft und Licht zuzuführen, ist für entsprechende Breite der Strassen, mässige Höhe der Gebäude und richtiges Bebauungsverhältniss des Einzelgrundstückes Vorkehrung zu treffen. Da eine grösstmögliche Breite aller Strassen nothwendig sowohl die Zahl derselben vermindern als auch zu grosse Bauquartiere im Gefolge haben würde, so empfiehlt es sich, bei Entwerfung des Bauplanes Strassen von verschiedener Bedeutung, sonach auch von verschiedener Breite festzustellen, etwa a) grosse Verkehrsstrassen, Hauptadern des Verkehrs, b) Nebenverkehrsstrassen, aber von grosser Länge, c) kürzere Verbindungsstrassen. Für a) wird eine Breite von 30 Meter, für b) von 20 Meter, für c) von 12 Meter zu fordern sein.

6. Zur Erfüllung desselben Zweckes empfiehlt es sich, einzelne Bezirke oder Strassen vorzusehen, in welchen die offene Bebauung oder Vorgärten oder beides vereint als die Regel in Aussicht genommen werde.

7. Von vorn herein ist der ganze zu bebauende Stadttheil gleichzeitig mit der Ziehung der Strassenlinien in seiner zukünftigen Nivellirung festzustellen, mit besonderer Rücksicht auf Schutz gegen Ueberschwemmung, auf möglichst geringe Steigungen und zweckmässigste Entwässerungsanlage (Drainirung des Bodens und Entfernung des Schmutzwassers), letztere wiederum mit Beachtung möglichst erleichterten Anschlusses der einzelnen Grundstücke.

8. Bei der Entwässerungsanlage ist Gefälle, Grösse und Richtung auch darauf hin ins Auge zu fassen, ob weitere, später erst zur Bebauung gelangende Districte daran angeschlossen werden sollen

oder nicht. Die Verunreinigung der Wasserläufe ist möglichst zu verhüten.

9. Eine reichliche Wasserversorgung des in Aussicht genommenen Baubezirks, womöglich durch eine Quellwasserleitung, ist erforderlich. Privatbrunnen sind möglichst wenig in Aussicht zu nehmen.

10. Bei Stadterweiterungen ist auf Erhaltung und Neuschaffung öffentlicher Anlagen von Vegetation Bedacht zu nehmen.

III. Hygienische Anforderungen an die einzelnen Bauten.

11. Für alle einzelnen Bauten ist die Genehmigung der Pläne einzuholen, welche auf Grund einer vorgängigen Prüfung, ob in den vorgelegten Plänen neben den in Betreff der Solidität und Feuersicherheit erlassenen Vorschriften auch den hygienischen Genüge geleistet ist, ertheilt wird. Diese Genehmigung der Pläne ist für alle Bauten sowohl des Staates und der Gemeinde wie der Privaten erforderlich.

12. Hierbei ist (theilweise gestützt auf § 16 der Reichsgewerbeordnung vom 21. Juni 1869) auch darauf zu achten, dass auf keinem Grundstück Vorrichtungen getroffen werden, durch welche anderen Grundstücken oder den darauf befindlichen Gebäuden durch Erschütterung des Bodens Nachtheil zugefügt wird, oder durch welche Dämpfe, Gase, Gerüche, Russ, Staub und dergleichen in solcher Art oder Menge zugeführt werden, dass die Bewohner des Nachbargrundstückes nach Massgabe der gewöhnlichen Empfänglichkeit in ihrer Gesundheit gefährdet oder sonst ungewöhnlich belästigt oder die daselbst befindlichen Gegenstände erheblichem Schaden ausgesetzt werden, es wäre denn, dass sie von ausnahmsweise empfindlicher Natur sind.

Abtritte, Düngerstätten, Ställe, Brunnen und andere derartige Anlagen dürfen nur in solcher Entfernung von des Nachbars Grenze oder unter solchen Vorkehrungen angebracht werden, dass sie dem Grundstücke, den Gebäuden, Einfriedigungen und Brunnen des Nachbars keinen Schaden bringen.

13. Auch der Boden des einzelnen Grundstückes ist einer sorgfältigen Untersuchung zu unterziehen. Ist der Untergrund sumpfig oder sonst der Gesundheit nicht entsprechend, so ist derselbe, soweit nöthig, auszuheben und durch einen reinen, trockenen Grund, Sand, zu ersetzen. Im Allgemeinen wird es sich empfehlen, vor der Bebauung die Vegetationsschicht abzuheben.

14. Für genügende Entwässerung des Bodens, namentlich der

Gebäude und Höfe, ist zu sorgen; jede Verunreinigung des Bodens durch Versickerungsgruben und dergleichen, sowie überhaupt jede Aufspeicherung flüssigen oder festen Unraths ist durch allgemeine Anordnungen zu verhüten. Die Aufgabe raschester, vollständigster und gesundheitsgemässester Entfernung jeden Verbrauchswassers wird am besten durch ein regelrechtes Schwemmsielsystem erfüllt.

15. Der obligatorische Ausschluss der einzelnen Grundstücke, sobald sie bebaut werden, an die allgemeine Entwässerungsanlage ist in hygienischem Interesse geboten.

16. Dem Ortsstatut bleibt die Bestimmung vorbehalten, ob die menschlichen Excremente gleichzeitig mit dem Verbrauchswasser den Sielen zu überweisen, oder welche sonstige allgemeine Einrichtungen zu treffen sind, die sowohl jede Aufspeicherung der Excremente als auch jede Verunreinigung des Bodens und der Luft ausschliessen. In dieser Beziehung ist vorzugsweise die Aufstellung häufig zu wechselnder Tonnen, für grössere Gärten auch das Erdcloset zulässig, oder eine andere Vorrichtung, welche den gleichen Zweck erfüllt. Jedenfalls sind alle Gruben, auch gut gemauerte und cementirte, zu verwerfen.

17. Jede Wohnung, resp. Stockwerk muss einen Abort haben, der durch ein eigenes Fenster von aussen her Luft und Licht erhält.

Stalldüngergruben müssen undurchlässig, gut verschlossen und ohne Ueberlauf sein.

20. Auf gute Drainirung des Bodens und gutes, möglichst wenig hygroskopisches Baumaterial ist besonderes Gewicht zu legen; daneben können auch Luftgräben um das Haus, Isolirschichten in dem Mauerwerk und dergleichen zur Verhinderung des Aufsteigens der Feuchtigkeit in den Mauern nützlich bleiben.

22. In Betreff des zu bebauenden Raumes eines Grundstückes sind ebenfalls in der Richtung ortsstatutarische Bestimmungen zu erlassen, dass allen Wohn-, Schlaf- und zu sonstigem dauernden Aufenthalt von Menschen bestimmten Räumen Luftwechsel und freier Zutritt von Licht in genügendem Maasse gesichert bleibe und zwar durch einen Einfallswinkel des Lichtes von höchstens 45^0 Neigung gegen den Horizont.

24. Die Haushöhe an der Strasse soll die Strassenbreite nicht überschreiten. Unter Haushöhe ist zu verstehen das Maass von der Strassenoberfläche bis zur Decke des obersten Geschosses einschliesslich etwaiger steiler Mansardendächer und der halben Höhe eines etwaigen Giebels. Die Strassenbreite ist zwischen den beiden gegenüberstehenden Häuserfronten, einschliesslich etwaiger Vorgärten und

sonstiger unbebauter Räume zu rechnen. Ferner darf ein Privatgebäude überhaupt nicht mehr als fünf Geschosse, einschliesslich etwaiger Entresols und Mansardenwohnungen, enthalten.

II. Aufstellung des Bauplans.

Das hohe Interesse, welches die Hygiene an der Aufstellung eines systematischen Plans für jede Stadterweiterung nehmen muss, liegt auf der Hand. Ohne einen solchen Plan ist es nicht möglich, ein Strassennetz zu construiren, das den Anforderungen der Hygiene entspricht; die Anlage freier Plätze, die Entwässerung und Canalisirung des Baugrundes, die wünschenswerthe Construction der Häuserblocks u. s. w. lassen sich nicht ausführen, wenn zunächst ohne festen Plan hier und da gebaut wird, sondern alle diese Anforderungen können nur, wenn sie von Anfang an in den Bereich des Plans gezogen sind, eine solche Erledigung finden, dass die hygienischen Interessen des Einzelnen und der Gesammtheit gewahrt werden.

Trotzdem existirt noch keine bindende gesetzliche Vorschrift, dass für Städte, welche einer Erweiterung entgegensehen, frühzeitig ein entsprechender Bauplan aufgestellt werde (eine Ausnahme besteht nur für den Wiederaufbau abgebrannter oder sonst zerstörter Quartiere). Andererseits kann aber gemäss den oben angeführten gesetzlichen Bestimmungen die Bebauung des an die Stadt grenzenden Terrains, welches noch nicht für den öffentlichen Verkehr und den Anbau entsprechend hergerichtet ist, durch Ortsstatut verboten werden, und es ist zu wünschen, dass wenigstens durch ein derartiges Statut möglichst allgemein die willkürliche und nicht planmässige Bebauung verhindert werde (s. S. 12 u. 15).

Vor der Aufstellung eines Bauplans ist zunächst mit möglichster Sicherheit zu eruiren, ob und in welchem Umfange eine planmässige Stadterweiterung stattzufinden hat; an das Resultat einer solchen Erhebung muss sich der Bauplan möglichst eng anschliessen. Ist diese Vorfrage erledigt, so lassen sich die Grundzüge des Plans und die Eintheilung des Erweiterungsterrains in einige Hauptgruppen in Erwägung ziehen. Besondere Aufmerksamkeit ist endlich dem Zeitpunkt der Feststellung und Veröffentlichung des Bauplans zu widmen.[1])

1) Vergl.: Deutsch. Bauhandbuch. Berlin 1879. — Baumeister, Stadterweiterungen etc. Berlin, Ernst u. Korn, 1874. — Chalybäus, Anforderungen d. öff. Ges. an eine Bauordnung u. Wohnungsordnung f. d. Stadt Dresden. Dresden 1870. — Stenographische Berichte über d. Verhandlungen d. Generalversammlung deutsch. Architecten- u. Ingen.-Vereine zu Berlin 1874. Berlin 1875. — v. Hasel-

1. Umfang der Stadterweiterung.

Für die Nothwendigkeit einer Stadterweiternng bestehen verschiedene Kriterien, die durch fortlaufende statistische Beobachtungen gewonnen werden können. Zunächst weist schon jede ansehnliche Vermehrung der Bevölkerung auf eine Erweiterung der Stadtgrenzen hin. Aber bis zu einem gewissen Grade kann eine grössere Ausnutzung des vorhandenen Stadtgebiets zu Bauplätzen, Erhöhen der Häuser und stärkeres Zusammendrängen der Menschen in den vorhandenen Wohnungen der vermehrten Nachfrage begegnen. Eine Statistik der Bebauungsdichtigkeit und der Bewohnerzahl der Wohnungen würde in dieser Richtung Aufschlüsse geben können; doch ist es sehr schwer, einigermassen sichere Grenzzahlen festzulegen, über welche hinaus ein grösseres Zusammendrängen der Menschen unzulässig erscheint. Als sehr dicht bebaut darf ein Terrain gelten, wenn pro Kopf der Bevölkerung 10—20 □Meter Grundfläche entfallen; bei dichter Bebauung ist die Grundfläche pro Kopf 20—40 □Meter; bei mässiger Bebauung 40—80, bei geringer Bebauung über 80 □Meter. — Noch weniger brauchbare Werthe erhält man für die Zahl der Bewohner eines Hauses; dieselbe differirt in verschiedenen Städten ganz ausserordentlich; so kommen in London 8 Bewohner auf 1 Haus, in Berlin 32, in Paris 35, in Wien 55 Bewohner. Auch geben diese Zahlen kein richtiges Bild von der Dichtigkeit der Bewohnung, da die Grösse des bewohnten Raums nicht zu bemessen ist. Den genauesten Ausdruck würde eine Berechnung ergeben, welche den verfügbaren Luftraum pro Kopf der Bewohner feststellte; doch stösst eine solche Untersuchung auf zu grosse Schwierigkeiten und ist nur für sehr beschränkte Stadttheile ausführbar. Leichter festzustellen ist

---

berg, Anforderungen d. öff. Ges. an die Baupolizei in Bezug auf neue Stadttheile, Strassen u. Häuser. Vrtjschr. f. öff. Ges. Bd. 7. S. 59. — Strassmann, Anforderungen d. öff. Ges. an d. Baupolizei in Bezug auf neue Stadttheile, Strassen u. Häuser. Vrtjschr. f. öff. Ges. Bd. 7. S. 52. — Bürkli-Ziegler u. Varrentrapp, Referat etc. Vrtjschr. f. öff. Ges. Bd. 7. S. 97. — v. Rössler, Zur Bauart deutscher Städte. Dtsch. Bauztg. 1874. Bd. 39. S. 402. — Hofmann, Ueb. Bebauungspläne etc. Verh. d. V. f. öff. Ges. zu Magdeburg. Bd. 5. S. 24. — Bruch, Berlins bauliche Zukunft u. d. Bebauungsplan. Deutsche Bauztg. 1870. — Assmann, Der Bebauungsplan v. Berlin. Ztschr. f. Bauwesen 1871. — Baumeister, Die Stadterweiterung v. Strassburg. Deutsche Bauzeitung. Bd. 12. S. 343. — Orth, Die Stadterweiterung von Strassburg. Deutsche Bauzeitung. Bd. 12. S. 343. — Merbach, Stadtluft u. die Vegetation in grossen Städten. Jahresber. d. Ges. f. Nat.- u. Heilk. in Dresden 1873—74. S. 56. — Gutachten über einen Ortsbauplan für Braunschweig. Monatsbl. f. öff. Ges. Bd. 2. S. 49. — Sax, Der Neubau Wiens etc. Wien 1870. — Thomé de Gamond, Mémoire sur le projet d'agrandissement de Lisbonne. Paris 1870.

die Zahl der Wohnungen, welche nur 1 Zimmer und in diesem mehrere Bewohner enthalten; man erhält durch die Zählung derselben einen Einblick in die Wohnungsverhältnisse desjenigen Theils der Bevölkerung, der schliesslich immer am deutlichsten von einem Mangel an Wohnungen getroffen wird. So fanden sich beispielsweise in Berlin 1871 etwa 250 Wohnungen von je 1 Zimmer und mit je 10 bis 20 Menschen; 11 % aller Wohnungen enthielten mehr als 5 Köpfe auf je 1 Zimmer.

Sobald solche Zahlen sich ergeben, die sich offenbar in keiner Weise mehr mit den hygienischen Forderungen decken lassen, erscheint eine Erweiterung der Stadt unbedingt geboten; es erübrigt alsdann nur noch, auch über den Umfang der nothwendigen Erweiterung sich Klarheit zu verschaffen. Dies ist dadurch möglich, dass man die jährliche Bevölkerungszunahme und die nach einem gewissen Zeitraume demnach zu erwartende Einwohnerzahl berechnet und die oben angegebenen Zahlen für die Bebauungsdichte in Betracht zieht.

Vorausberechnungen der Bevölkerungsziffer für zukünftige Jahre oder Jahresperioden lassen sich mit mehr oder minder grosser Wahrscheinlichkeit aufstellen auf Grund der während des letztverflossenen Zeitraums jährlich festgestellten Bevölkerungszahl.[1]) Man kann zunächst die ideelle Zunahme der Bevölkerung construiren; und zwar erfolgt diese nach dem Gesetz der Zinseszinsrechnung, nach der Formel

$$k_n = k_0 \left(1 + \frac{q}{100}\right)^n,$$

wonach k_n die Bevölkerungszahl nach n Jahren,
k_0 die ursprüngliche Einwohnerzahl,
q die Jahresprocente,
n die Anzahl der Jahre

bedeutet. Die nach dieser Formel zunächst mit beliebigem Werth für q berechneten theoretischen Einwohnerzahlen stellt man dann in Form einer Curve dar, indem man die Jahre als Abscissen und die ihnen zukommenden Bevölkerungsziffern als Ordinaten aufträgt.

Nun fügt man in demselben Diagramm eine Curve hinzu, welche die wirklichen Bevölkerungszahlen als Ordinaten enthält.

Zwischen der ideellen und der reellen Curve wird alsdann meistens eine erhebliche Abweichung bestehen, und man wird andere Werthe für q einsetzen müssen, bis die beiden Curven sich möglichst genau an einander schliessen, resp. bis die Summe der Abweichungs-

---

1) Vgl. Thiem, Die Wasserversorgung der Stadt Leipzig. Leipzig 1879.

quadrate, $\Sigma(E_n - k_n)^2$, wo E_n die wirkliche Bevölkerungszahl bedeutet, ein Minimum wird. Findet man, dass die Zählungscurve und die Wahrscheinlichkeitscurve sich einander sehr nähern, öfter schneiden und nirgends bedeutende Abweichungen zeigen, so ist die Annahme berechtigt, dass die Bevölkerungszunahme wirklich in der berechneten Weise erfolgen werde. Ist dagegen das Anwachsen der Einwohnerzahl in den Beobachtungsjahren sprungweise geschehen, so wird sich keine wahrscheinliche Curve construiren lassen und das Endresultat kann erheblich schwanken. Dennoch werden solche Vorausberechnungen in den meisten Fällen für die Aufstellung eines Erweiterungsplans genügen, so weit dieser nur in groben Umrissen angelegt wird.

Um aus der zu erwartenden Einwohnerzahl die nöthige Terraingrösse zu berechnen, theilt man das vorhandene städtische Gebiet in mehrere Zonen und bestimmt deren Bewohnungsdichtigkeit. Man findet dann nach der Peripherie hin allmählich abnehmende Zahlen; im Centrum etwa auf 25 □Meter 1 Einwohner, in der nächsten peripherischen Zone auf 40—50 □Meter 1 Einwohner und so fort. Für die neuveranlagten Stadttheile wird man im Allgemeinen höchstens die mittleren Ziffern zu Grunde legen dürfen.

Handelt es sich nur um die vorzugsweise Vermehrung der Bevölkerung eines einzelnen Stadttheils und um dessen Erweiterung, so sind im Ganzen die Vorausberechnungen nach denselben Methoden anzustellen.

2. *Grundzüge der Plangestaltung.*

Die Feststellung des Umfangs der nothwendigen Stadterweiterung genügt meistens noch nicht für die Aufstellung des Plans. Häufig wird man vielmehr noch eine qualitative Scheidung der Bevölkerung vornehmen und danach den Plan besonders gestalten müssen. Im wesentlichen lassen sich 3 grosse Gruppen von Bewohnern unterscheiden, die an ihre Wohnungsquartiere besondere Anforderungen stellen, und deren Scheidung bis zu einem gewissen Grade im Interesse Aller liegt. Die erste Gruppe bildet die Grossindustrie, mit ihren Fabriken, deren Lärm und belästigenden Ausdünstungen, mit ihren umfangreichen Räumlichkeiten, ferner mit den Arbeiterquartieren, soweit keine evidenten hygienischen Nachtheile deren Anlage in unmittelbarer Nähe der Fabriken verbieten. Für diese Gruppe ist eine peripherische Lage indicirt wegen der bedeutenden zu gewährenden Räumlichkeiten; ferner weil dort am unmittelbarsten der Anschluss an die grösseren Verkehrswege, Eisen-

bahnen und Wasserstrassen gewährt werden kann; und namentlich wird gern die östliche Peripherie der Stadt für diese Anlagen verwendet, weil in unserem Klima und bei der durchschnittlich herrschenden Windrichtung die übrige Stadt dann am wenigsten unter dem Rauch und den Ausdünstungen der Fabriken zu leiden hat. Die zweite Gruppe umfasst die Gewerbtreibenden ohne grössere Fabrikräume und den Detailhandel. Diese bedürfen weniger Raum, vertragen aber meist keine peripherische Lage, sondern bedürfen zum Absatz ihrer Artikel einer nahe dem Stadtinnern gelegenen Wohnung. Drittens endlich kommen diejenigen in Betracht, die ihre Beschäftigung ausser dem Hause haben, oder die vorzugsweise geistig beschäftigt sind, oder keinen ausgesprochenen Beruf haben. Die Mehrzahl von ihnen ziehen Wohnungen in freier Lage, bis zur äussersten Peripherie hin, vor. — Bei einer Vermehrung der Bevölkerung werden nun gewöhnlich nicht alle 3 Gruppen gleichmässig betroffen; oft handelt es sich lediglich um eine starke Vermehrung der Industrie, zuweilen ist eine der anderen Gruppen vorzugsweise betheiligt. Bei der Plangestaltung wird man diesen Umstand möglichst berücksichtigen müssen und zuweilen nur nach einer Richtung eine theilweise Stadterweiterung projiciren, die dann vollständig dem Bedürfnisse genügt.

Handelt es sich um eine alle Berufsklassen betreffende Vermehrung, so muss die Anordnung des Plans wo möglich in zwangloser Weise die Gruppirung der neuen Bevölkerung bewirken. Dadurch, dass man ein peripherisches Viertel in unmittelbarster Nähe der Schienen- und Wasserwege und in grossen Dimensionen anlegt, dass man andererseits Vorstädte mit landschaftlichen Reizen und möglichst gesunder Lage abzweigt, führt man eine natürliche Vertheilung der Bevölkerung herbei, die den Interessen der Hygiene und der Annehmlichkeit am meisten entspricht.

Ist eine derartige Gruppirung nicht scharf durchführbar, so tritt ein anderer Gesichtspunkt in den Vordergrund. Man muss nämlich so viel als möglich darüber schlüssig zu werden suchen, ob die neuen Stadttheile eigene Centren haben sollen, ob also im Allgemeinen eine Decentralisation anzustreben ist, oder ob auch fernerhin das Centrum der Stadt den Kern bilden soll, um den sich äussere Theile möglichst dicht gruppiren. Vom hygienischen Standpunkt aus ist einem decentralisirenden Project gewöhnlich der Vorzug zu geben, weil dasselbe den einzelnen Wohnungen weit mehr Raum gewährt, das Zusammendrängen der gesammten Bevölkerung gegen das Centrum hin verhindert und so die Zufuhr von Luft und Licht stets in

weit ergiebigerem Maasse gestattet, als bei einem centrirten System. Aber andererseits ist nicht überall eine Decentralisation durchführbar; es gehört dazu, dass natürliche Verkehrscentren in den peripherischen Stadttheilen sich anlegen lassen, und dass so in völlig zwangloser Weise das Hinströmen der Bewohner nach dem Centrum beseitigt wird. Gelingt eine solche natürliche Entlastung nicht, so würde es ein Fehler sein, auf einer grossen Ausdehnung der peripherischen Stadttheile nebst unzureichender Verbindung mit dem Centrum zu bestehen; der grössere Theil der Bevölkerung würde das zugewiesene, unpassende Baugebiet vermeiden, sich nach wie vor in der Nähe des Kerns zusammendrängen, und die neuen peripherischen Theile würden als Nothbehelf hauptsächlich vom Proletariat benutzt werden. — Namentlich bei kleineren Städten scheint daher eine Beibehaltung des Centralsystems zweckmässiger zu sein; wo überhaupt kein eigentliches Centrum existirt, ist dann der ganze dichter bewohnte Kern der Stadt als natürlicher Mittelpunkt zu betrachten. Dagegen gelingt eine sehr vollständige Decentralisation bei solchen grossen Städten, in denen sehr verschiedene Berufszweige sich zusammengedrängt und entsprechend ihren natürlichen Bedürfnissen zu mehreren, räumlich weit getrennten Centren vereinigt haben; hier ist es dann Aufgabe des Stadterweiterungsplans, die Centrenbildung an verschiedenen Theilen der Stadt und auch der Peripherie möglichst zu unterstützen. Namentlich häufig wird die oben erwähnte Gruppirung nach Industrie, Handel und sonstigen Berufsklassen sich mit einer solchen Decentralisirung vereinigen lassen. Beispielsweise bildet in Berlin der westliche Theil das Centrum für das geistige Leben, für die Regierungsbehörden u. s. w.; im Osten und im Norden hat sich die Grossindustrie etablirt; im eigentlichen Stadtinnern der Grosshandel; für das Kleingewerbe und den Kleinhandel bestehen fast in jedem Stadtviertel besondere Centren. Die Erweiterung der Stadt behält in ihren einzelnen Theilen fast durchweg den Charakter der angrenzenden Stadtgebiete bei.

Ist keine allgemeine Stadterweiterung nothwendig, sondern nur eine theilweise, so wird, wie oben erwähnt, die Richtung derselben häufig dadurch bestimmt, dass nur eine gewisse Gruppe der Bevölkerung die Vermehrung veranlasst und dann das für diese geeignetste Terrain ausgesucht werden muss — so für eine wachsende Grossindustrie die Nähe der Verkehrswege und Verkehrscentren u. s. w. Oft wird es sich indess auch ereignen, dass die Zunahme der Bevölkerung keine specielle Gruppe betrifft, aber dass das beschränkte Maass der Zunahme oder aber die besondere Lage der Stadt eine

Erweiterung nur in einer bestimmten Richtung erforderlich erscheinen lässt; alsdann ist z. B. zu erwägen, welches Terrain bezüglich seiner Höhenlage, seiner Grundwasserverhältnisse die besten hygienischen Verhältnisse bietet und den geringsten Aufwand an Canalisirungsarbeiten erfordert; ferner ist aufgeschütteter oder seit langer Zeit durch Ablagerungen von Abfallstoffen verunreinigter Boden auszuschliessen; weiter sprechen aber auch Rücksichten nicht direct hygienischer Art mit, z. B. die Frage, ob das gewählte Terrain leicht mit Nahrungsmitteln versorgt werden kann, ob es eine der Hauptverkehrsstrassen nach aussen in sich aufnimmt u. s. w.

Es ist leicht ersichtlich, dass keine allgemein gültigen Schemata für die erste Eintheilung und Gruppirung des Plans gegeben werden können; je nach Lage des Specialfalls werden vielmehr Abweichungen eintreten müssen, die sich durch entsprechende Würdigung der aufgezählten einschlägigen Factoren leicht ergeben werden.

3. Zeitpunkt der Aufstellung des Plans.

Sobald die Kriterien für die Nothwendigkeit einer Stadterweiterung vorhanden sind, kann die Aufstellung des Plans nicht früh genug erfolgen; und bis zu der Fertigstellung desselben sollten möglichst wenig Bauconcessionen in der Peripherie ertheilt werden. Man könnte zwar einwenden, dass durch eng gezogene Schranken die Baulust herabgedrückt und eine schleunige Befriedigung der Nachfrage nach Wohnungen verhindert werden könnte; dass ferner die Preise für die in den Bauplan aufgenommenen Grundstücke erheblich steigen und auch dadurch die Baulust beeinträchtigen würden. Diese Consequenzen werden aber nur dann eintreten, wenn sofort eine derartige Detaillirung des Plans vorgenommen wird, dass die einzelnen Häuserblocks, alle Nebenstrassen u. s. w. festgelegt sind. Eine solche Detaileintheilung ist auf eine entferntere Zukunft hin gar nicht zu übersehen, und würde die Gefahr mit sich bringen, demnächst Aenderungen am Plan vornehmen zu müssen, welche Einzelnen bedeutenden pecuniären Schaden bringen und der Allgemeinheit das Vertrauen in die Zweckmässigkeit des ganzen Plans nehmen.

Dagegen kann eine in grossen Zügen gehaltene Gruppirung des Plans, welche nur die Richtung und Ausdehnung des Terrains, einige Hauptstrassenzüge und einige öffentliche Plätze, ferner die Dampfbahn- und Pferdebahnlinien festlegt, die Detailausarbeitung aber der Zukunft überlässt, ohne Gefahr einer demnächstigen Aenderung vorgenommen werden; und die möglichst frühe Ausarbeitung eines solchen Planschemas ist entschieden eines der wirksamsten Mittel, um

den Eintritt der eigentlichen Wohnungsnoth zu verhindern. Wie sich eine solche Wohnungsnoth mit ihrem unausbleiblichen Gefolge schwerer hygienischer Schäden und langdauernder socialer Missstände gerade auf Grund des Fehlens eines systematischen Stadterweiterungsplans ausbildet, ist leicht zu übersehen. Findet ein stärkerer Zuwachs von Bevölkerung statt, so sucht im Grossen und Ganzen die Herstellung von Neubauten gleichen Schritt zu halten; ist nun die Möglichkeit einer Stadterweiterung von der massgebenden Behörde noch nicht eingehend ins Auge gefasst worden, so wird wenig Neigung bestehen, ausserhalb der Grenze Bauerlaubniss nachzusuchen, und ebensowenig wird eine Nachfrage nach den etwaigen so hergestellten, ohne ausreichende Verbindung mit dem Centrum, ohne Drainirung und Canalisirung des Terrains, ohne Vorausbestimmung der Nachbarstrassen gebauten Wohnhäusern sein — es entstehen im besten Falle Complexe von primitivstem Vorstadtcharakter, in denen sich der ärmste Theil der Bevölkerung ansiedelt, die schon deshalb ohne jeden Comfort ausgebaut werden und die bei einer demnächstigen planmässigen Stadterweiterung schwer zu beseitigende und zu regulirende Hemmnisse bilden. Möglichste Ausnutzung des im Stadtgebiete vorhandenen Bauterrains und der fertigen Wohnhäuser wird daher so weit wie irgend möglich die vermehrte Nachfrage nach Wohnungen zu decken suchen. Dabei werden die Preise sich steigern, die Forderungen der Wirthe in jeder Beziehung schwerer erfüllbar werden; häufiger Wechsel der Wohnungen wird an der Tagesordnung sein, und die gesammten Unkosten für das Wohnungsbudget gehen immer mehr in die Höhe. Dazu kommt, dass der Hauptsache nach gerade der ärmste Theil der Bevölkerung von diesen Härten betroffen wird, und zwar in um so höherem Grade, als mit dem raschen Wachsthum der Bevölkerung auch die Wohlhabenheit und die Ansprüche der besser situirten Klassen steigen, und ein grösseres Maass von disponiblen Wohnungen von diesen in Beschlag genommen wird als früher. In der geschilderten Weise ist in den meisten modernen Städten innerhalb der letzten Jahre das Schreckgespenst der Wohnungsnoth aufgetreten, und es ist wohl nicht zu bezweifeln, dass dasselbe zum grossen Theil hätte vermieden werden können, wenn frühzeitig Stadterweiterungspläne vorgelegen hätten, die eine ausgiebige Bebauung des Aussenterrains veranlassen und die Baulust in die richtigen Bahnen lenken konnten.

Einen sehr zweckmässigen Ausdruck finden die bezüglich der Aufstellung des Plans zu empfehlenden Grundsätze in folgenden Resolutionen der 1. Versammlung des Verbandes der deutschen Architekten- und Ingenieur-Vereine in Berlin 1874:

1. Die Projectirung von Stadterweiterungen besteht wesentlich in der Feststellung der Grundzüge aller Verkehrsmittel: Strassen, Pferdebahnen, Dampfbahnen, Kanäle, die systematisch und deshalb in einer beträchtlichen Ausdehnung zu behandeln sind.

2. Das Strassennetz soll zunächst nur die Hauptlinien enthalten, wobei vorhandene Wege thunlichst zu berücksichtigen, sowie solche Nebenlinien, welche durch locale Umstände bestimmt vorgezeichnet sind. Die untergeordnete Theilung ist jeweils nach dem Bedürfniss der näheren Zukunft vorzunehmen oder der Privatthätigkeit zu überlassen.

3. Die Gruppirung verschiedenartiger Stadttheile soll durch geeignete Wahl der Situation und sonstiger charakteristischer Merkmale herbeigeführt werden, zwangsweise nur durch sanitarische Vorschriften über Gewerbe.

III. Herrichtung des Terrains.

Den ersten Schritt zur Ausführung des Bauplans bildet die Umwandlung des gewählten Terrains zum Wohnboden.

Die Anforderungen, welche die Hygiene an einen zum Bebauen und Bewohnen tauglichen Boden stellt, sind sehr mannichfaltig und zum Theil schon in dem Abschnitt „Wohnung“ besprochen. Wie beim Baugrund für das einzelne Haus, so ist auch bei der Auswahl eines grösseren Bauterrains zu beachten, dass die Lage wo möglich frei ist, höchstens nach einer Seite hin durch Berg oder Wald gegen Wind geschützt, keinesfalls aber in einem Kessel mit stagnirenden Luftschichten. Der Boden soll selbstverständlich einigermassen rein von Abfallstoffen sein; namentlich bei der Ebenung des Terrains ist darauf zu achten, dass das Material, welches zu Aufschüttungen verwendet wird, hygienisch unverdächtig ist. Es wurde bereits oben darauf hingewiesen, wie oft unter gänzlicher Vernachlässigung hygienischer Principien Schutt und Abfälle aller Art benutzt werden, um den directen Untergrund der Wohngebäude zu bilden. Besondere Schwierigkeiten erfordert dann aber noch die Entwässerung des Bodens, die Anlage von Kanälen zur Abführung des Regen- und Brauchwassers und event. zur Entfernung der Excremente, und endlich die Wasserversorgung des Terrains. Die letztgenannten An-

lagen sind im hygienischen Interesse, nicht minder aber auch im Interesse der Reinlichkeit und des Lebensgenusses unabweisliches Bedürfniss jeder modernen Stadt; ein neuer Stadttheil, der ungenügend entwässert wäre oder des Vortheils einer leichten Entfernung der Abfallstoffe und einer ausreichenden Wasserversorgung entbehrte, würde nur wenig Bewohner anzulocken vermögen und keinesfalls in der erwarteten Weise auf andere überfüllte Stadttheile entlastend wirken.

Zu unterscheiden ist bei den genannten wichtigen Arbeiten zunächst die Trockenlegung eines zu feuchten Bodens; sodann die in allen Fällen vorzunehmende Kanalisirung; und drittens die Vorarbeiten zu einer Wasserversorgung.

1. Trockenlegung von feuchtem Boden.

Ein zu feuchter Boden ist vom hygienischen Standpunkt aus als völlig ungeeignet zur Bewohnung zu betrachten; Häuser, die auf solchem Terrain erbaut werden, zeigen die bereits geschilderten Nachtheile feuchter Wohnungen; und ausserdem pflegt solcher Boden sehr häufig die Entwicklung von Malariakrankheiten zu begünstigen.

Die Neigung zur Sumpfbildung kann auf verschiedenen Ursachen beruhen, deren jede ein anderes Verfahren der Trockenlegung erfordert. Entweder gehört das Terrain zu dem Ueberschwemmungsgebiet eines Flusses, und von letzterem aus erfolgen von Zeit zu Zeit Inundationen. Alsdann kann oft durch eine Regulirung des Flusslaufs geholfen werden, wobei sich ausserdem noch Uferländereien in nutzbares Land umwandeln lassen. Zuweilen können kleinere Wasserläufe auch ganz zugeschüttet werden, doch ist dies nur dann ohne Nachtheil statthaft, wenn der Fluss nicht den natürlichen einzigen Abfluss von Grund- oder Regenwasser darstellt. In den meisten Fällen, namentlich wo grössere Ströme vorliegen, führen beide Mittel nicht zum Ziele, und man muss entweder zur Eindeichung des gefährdeten Terrains oder zur Erhöhung des gesammten Niveaus schreiten. Vom hygienischen Standpunkt sowohl wie im Interesse des Verkehrs sind eingedeichte Landstrecken mit ihrem beschränkten Luftwechsel, ihrer schwierigen Trockenhaltung und ihren sparsamen Ein- und Ausgangsöffnungen möglichst zu vermeiden, und behufs der Herrichtung zum Bauterrain möglichst eine Aufschüttung des ganzen Gebietes anzustreben.

Zweitens kommt eine sumpfige Bodenbeschaffenheit vor in Folge eines abnorm hohen Grundwasserstandes, und zwar ist diese Ursache die weitaus häufigste. In jedem Terrain, das zu Bauplätzen be-

stimmt ist, muss daher zunächst eine genaue Messung der Grundwasserstände in der Weise vorgenommen werden, dass das allgemeine Verhalten der undurchlässigen Schicht und des Grundwasserniveaus festgestellt, also eine Karte des Untergrunds aufgenommen wird; und dass ferner namentlich die maximale Höhe des Grundwasserstandes innerhalb eines längeren Zeitraums bestimmt wird. Dieser maximale Grundwasserstand darf niemals die Kellersohle der anzulegenden Gebäude berühren, welche letztere im Durchschnitt bis 1,5 resp. 2 Meter unter die Erdoberfläche herabreicht. Wo also der Abstand zwischen maximalem Grundwasserstand und Bodenoberfläche weniger als 2 Meter beträgt, ist dieser Abstand künstlich zu vergrössern. Dazu bleiben wiederum 2 Mittel: entweder kann das Terrain erhöht werden oder man kann das Grundwasserniveau senken. Das erstere Verfahren ist das zeitraubendere und kostspieligere; dennoch wird man unter Umständen auf dasselbe recurriren müssen, weil die Senkung des Grundwasserspiegels nicht in allen Fällen anwendbar ist. Ist die Masse des Grundwassers sehr gross und sind namentlich die Zuflüsse desselben sehr mächtig, so kann eine Ableitung nicht in demselben Maasse stattfinden, wie der Zufluss, der jede Niveaudifferenz sofort wieder ausgleicht; gegenüber einem solchen unterirdischen Strome sind selbst die grössten Kanäle wirkungslos. Ebenso kann der Oertlichkeit die Gelegenheit fehlen zur Fortschaffung des abgeleiteten Wassers; und auch dann muss von diesem Mittel zur Trockenlegung Abstand genommen werden. Recrutirt sich dagegen das Grundwasser grossentheils aus den Niederschlägen eines begrenzten Terrains, so ist eine künstliche Senkung des Wasserspiegels leicht ausführbar und fällt dann meist zusammen mit der Anlage von Kanälen, die zur Ableitung des Brauch- und Regenwassers angelegt werden.

Drittens kann eine feuchte, sumpfige Beschaffenheit der Bodenoberfläche dadurch entstehen, dass dichte, schwer durchlässige Bodenschichten von geringem Gefäll an der Oberfläche liegen, und dass dadurch leicht stagnirende Ansammlungen von Meteorwasser, meist von begrenzter Ausdehnung, gebildet werden. Vorkehrungen zur raschen Ableitung der Niederschläge, wie sie auch ohne solche Eigenthümlichkeiten des Terrains für jedes Bauviertel erforderlich sind, bringen hier leichte Abhilfe.

Zu erwähnen ist noch ein anderes Mittel, welches man zuweilen angewendet hat, um ein sumpfiges Terrain auszutrocknen. Es bebesteht dies in dem Anpflanzen rasch wachsender Pflanzen. Dazu eignen sich namentlich die Sonnenblumen (Helianthus annuus), oder

der Wild- oder Indianer-Reis (Zizania aquatica), oder endlich der blaue Gummibaum (Eucalyptus globulus), welch letzterem ausserdem noch specifische fiebervertreibende Wirkung zugeschrieben wird. Derselbe wächst auch in unserer Gegend ausserordentlich rasch und soll während dieses Wachsthums sehr bedeutende Wassermengen dem Boden entziehen und durch Abdunstung wieder verlieren. Auch die japanische Paulownia imperialis scheint sich diesen austrocknenden Pflanzen anzureihen.[1] — Die Anwendbarkeit derselben für die Herstellung eines Bauterrains ist naturgemäss eine sehr beschränkte; ihre Anpflanzung würde den eigentlichen Meliorationsarbeiten nur vorausgehen können oder würde sich auf Gebiete erstrecken, die dem Bauterrain benachbart, aber nicht eigentlich zum Bau bestimmt sind.

2. *Kanalisirung.*

Auch wenn keine sumpfige Beschaffenheit des zur Erweiterung bestimmten Terrains vorliegt, werden Kanäle angelegt werden müssen und zwar zur Ableitung des Brauch- und Regenwassers. Offene Gräben und Rinnsteine zur Entfernung des Regenwassers reichen in den seltensten Fällen aus, weil das nöthige Gefälle nur an einzelnen Stellen vorhanden zu sein pflegt. Vorkehrungen zur Ableitung des Brauchwassers sind aber ausserdem unbedingt erforderlich, seit nachgewiesen ist, dass die mit den Abwässern des Haushalts, auch ohne dass diese mit Excrementen vermengt sind, erfüllten Schwind- und Versitzgruben den Boden ausserordentlich verunreinigen, durch Ausdünstungen in empfindlicher Weise belästigen, eventuell zur Verbreitung von Krankheiten Anlass geben und so die modernen Ansprüche an Reinlichkeit und Comfort und die Forderungen der Hygiene nicht erfüllen. Meistens sind ausserdem neue Stadttheile mit der Wohlthat einer Wasserleitung versehen; und den durch diese bewirkten, erheblich grösseren Consum an Wasser vermag der Boden meist ebensowenig aufzunehmen, als offene Rinnsteine mit geringem Gefälle denselben hinreichend rasch beseitigen können. — Bedingung für die Ausführbarkeit der Kanäle ist die Möglichkeit einer raschen Entfernung des Kanalinhalts; am leichtesten ist diese durch einen nahegelegenen Fluss von nicht zu geringer Wassermasse gegeben, dem in den weitaus meisten Fällen solcher Kanalinhalt ohne jedes Bedenken übergeben werden kann. Bei mangelhaftem Gefäll würde für einzelne Theile des Kanalnetzes eine künstliche Hebung des

1) Göppert, Ueber einige den Boden austrocknende Pflanzen. Viertelj. f. öff. Ges. IX. S. 718.

tiefer ausmündenden Kanalinhalts in den höher gelegenen Fluss statthaben müssen. — Da die Kanäle für Abführung des Brauchwassers nöthig, für Entfernung des Regenwassers wünschenswerth sind, so werden praktisch für diese beiden Zwecke die Kanäle gemeinschaftlich gebaut, wobei es vortheilhaft ist, dass die meteorischen Niederschläge häufig eine natürliche zeitweise Spülung der Kanäle veranlassen.

Bezüglich der Ausführung der Kanäle muss auf den speciellen Abschnitt „Entfernung der Abfallstoffe" verwiesen werden; hier sei nur noch erwähnt, in welcher Weise die in einem bestimmten Stadtbezirk zu bewältigenden Mengen an Brauch- und Meteorwasser zu berechnen sind; je nach dem Ergebniss dieser Rechnung würden die Dimensionen des Kanalnetzes zu bemessen sein. Man sucht die zu bewältigende Flüssigkeitsmasse in C.-M. pro Secunde auszudrücken; an Haus- und Verbrauchswasser rechnet man pro Kopf der supponirten Bevölkerung und pro 24 Stunden 0,08—0,15 C.-M. Die Hälfte dieser Menge wird in 9 Tagesstunden verbraucht und in diesen also das Maximum den Kanälen übergeben, auf welches dieselben einzurichten sind; folglich pro Kopf und Secunde 0,000 001 24 bis 0,000 002 31 C.-M. — Bei mittlerem Regen fällt in unseren Klimaten in 24 Stunden eine durchschnittliche Menge von 23,33 Millim. Davon fliesst etwa die Hälfte oberflächlich ab und gelangt demnächst in die Kanäle, die Hälfte wird vom Boden aufgesogen oder verdunstet. Folglich ist dann pro □Meter Grundfläche in 1 Sec. 0,000 000 135 C.-M. Wasser durch die Kanäle abzuführen. Für aussergewöhnliche Regengüsse pflegt man Nothauslässe zum nächsten Flusse anzulegen. Je nach den localen Verhältnissen werden die angeführten Zahlen zu modificiren sein; die Berechnung der Kanalgrösse erfolgt auf Grundlage solcher Zahlen nach feststehenden Formeln.

Ferner ist noch zu beachten, dass die Kanäle in der Regel gleichzeitig eine beträchtliche Senkung des Grundwasserspiegels veranlassen. Als geringste Differenz zwischen Strassenniveau und Kanalhöhe pflegt man etwa 2,5—3 Meter anzusetzen. Selbstverständlich sind Vorrichtungen an den Zuleitungsröhren aus den einzelnen Häusern, durch welche ein Rückstau von den überfüllten Kanälen aus in die Keller der Häuser vermieden wird.

Während für die bisher genannten Massregeln zur Herrichtung des Terrains fast überall eine zwingende Nothwendigkeit vorliegt, ist bezüglich der Vorkehrungen zur Fortschaffung der Excremente eine gewisse Auswahl unter verschiedenen Methoden möglich. Wo Kanäle einigermassen leicht ausführbar sind, werden Ableitungen für Regen- und Brauchwasser vermuthlich jedenfalls vorhanden sein; und es liegt dann nahe, auch die Excremente in derselben Weise abzuführen; dazu würde ein Schwemmkanalsystem nöthig sein mit gutem Gefäll, reichlicher Spülung und der Möglichkeit zur raschen Beseitigung des Kanalinhalts. Die letztere Möglichkeit ist in einem Fluss mit grosser Wassermasse gegeben, dessen Wasser durch die

Aufnahme des Kanalinhalts nicht merkbar alterirt werden kann; oder aber in einem geeigneten Rieselterrain. Bei der Einleitung in einen Fluss wird man die Ausmündungsstelle als fixen Punkt ansehen müssen; eine zu grosse Tieflage derselben im Flussbett würde keinen dauernd freien Abfluss ermöglichen; und einem künstlichen Hinüberpumpen des gesammten Kanalinhalts in den höher gelegenen Fluss tritt die grosse, nur mit erheblichsten Kosten zu bewältigende Wassermasse hindernd in den Weg. Es fragt sich also, ob zwischen der niedrigsten statthaften Ausmündung und den verschiedenen, mindestens 2,5—3,0 Meter unter der Strassenoberfläche angelegten Kanälen eine Niveaudifferenz bestehen bleibt, welche ein hinreichendes Gefälle garantirt. Andernfalls würde man zu einer künstlichen Erhöhung des Terrains oder aber zu einer Tieferlegung des Kanalnetzes und dann zu einer anderweitigen Entfernung des Kanalinhalts greifen müssen. — Die Möglichkeit zur Abschwemmung aller Excremente in einen Fluss ist sonach nur selten gegeben. Häufiger gelingt es, die abgeschwemmten Massen durch Berieselung zu zerstören; allerdings ist dafür ein nahegelegenes, durch Bodenbeschaffenheit geeignetes Rieselterrain Bedingung.

Von grossem Vortheil ist es für die Kanalisirung eines neuen Bauterrains, wenn die übrige Stadt nicht nach dem Centralsystem kanalisirt ist, so dass die neuen Stadttheile sich an die oberen Anfänge der Kanäle anschliessen müssen, sondern nach dem Radialsystem, welches jedem Stadttheil seine individuelle, den localen Verhältnissen entsprechende Kanalisirung gestattet.

Wo weder ein grosser Fluss noch geeignete Rieselfelder vorhanden sind, würde die Abfuhr der Excremente oder die Entfernung und Verarbeitung nach Liernur's System in Frage kommen. Mit Hilfe der Eisenbahnen scheint jetzt die Abfuhr auch für grössere Städte zu gelingen, wenngleich die nothwendigen Depots und die unvermeidliche Aufspeicherung der Massen im Winter zu schwerwiegenden Uebelständen gerechnet werden müssen.

Von grösster Wichtigkeit ist eine event. Theilung des gesammten Terrains in verschiedene Gebiete, die auf verschiedene Weise behandelt werden. Wollte man ein grösseres Gebiet durchaus uniform mit Kanalisation oder nur mit Abfuhr behandeln, so würde häufig eine nutzlose Vergeudung von Zeit und Geld die Folge sein. Liegt nur ein Theil des Terrains sehr tief, so wird es in den meisten Fällen unrichtig sein, deshalb das ganze Kanalsystem zu senken, oder eine Hebung des gesammten Kanalinhalts zu bewirken oder aber den betreffenden Theil durch künstliche Aufschüttung zu erhöhen und

dann dem allgemeinen Kanalnetz anzuschliessen. Für solche Bezirke liesse sich vielmehr eine geordnete Abfuhr der Excremente mit grösserem Vortheil einrichten, oder auch ein besonderes Kanalnetz mit Hebung des Kanalausflusses oder mit geeignetem Rieselfelde. Zu grosse Einseitigkeit pflegt in diesen Fragen bedeutende pecuniäre Schäden und hygienische Nachtheile herbeizuführen.

3. Wasserversorgung.

Weit leichter als die Entwässerung und Kanalisirung des neuen Bauterrains ist die Wasserversorgung desselben zu ermöglichen. Meistens wird eine Versorgung mit Wasserleitung intendirt und für diese sind etwaige Terrainschwierigkeiten leicht zu überwinden. Soll der Wasserbedarf durch gegrabene Brunnen gedeckt werden, so ist allerdings eine genauere Abschätzung des Terrains vorzunehmen. Das vorhandene Grundwasser ist auf seine Reinheit und Ergiebigkeit zu untersuchen, wobei zu beachten ist, dass durch die Bebauung der Grundwasserspiegel erheblich sinkt, da alsdann ein weit geringerer Bruchtheil der Niederschläge zum Grundwasser gelangt, und dass meistens noch eine künstliche Senkung des Grundwasserniveaus durch die Kanalisirung eintritt. — Auf Reinhaltung des Bodens ist im Falle einer Wasserversorgung durch Brunnen selbstverständlich in besonders hohem Grade zu achten.

Es könnte scheinen, als ob die erwähnten Anlagen — Kanalisirung und Wasserversorgung — nicht eigentlich in ein so frühes Stadium der Ausführung einer Stadterweiterung hineingehörten. Die Fertigstellung der betreffenden Arbeiten gehört allerdings erst einer späteren Periode an; aber die Auswahl des Systems und die Prüfung des Terrains auf die Ausführbarkeit der Anlagen hat in frühester Zeit, gleichzeitig mit der Plangestaltung zu erfolgen. Bietet beispielsweise ein sonst günstiges Terrain in dieser Beziehung grosse Schwierigkeiten dar, so würde das ein ausreichender Grund sein, um von der Wahl des Terrains ganz abzusehen, und ein anderes zu projectiren, das im übrigen scheinbare Nachtheile bietet. Handelt es sich nicht um eine Auswahl zwischen verschiedenen Gebieten, sondern um eine allseitige Erweiterung oder um eine ganz bestimmte Richtung, so ist von vornherein das beste System der Kanalisirung u. s. w. festzustellen, da nach Ausführung der Strassen und einzelner Häuser etwa nöthige Arbeiten, wie die Erhöhung des Terrains, gar nicht mehr ausführbar sind; da ferner der Strassenlegung und dem Hausbau in den meisten Fällen eine Entwässerung resp. Entsumpfung vorausgehen muss. Ferner ist auch die Bauart des

einzelnen Hauses von vornherein auf Kanalisirung oder Abfuhr oder Liernur'sches System u. s. w. zuzuschneiden, da sonst leicht kostspielige Aenderungen und Umbauten nöthig werden. — Endlich erscheint eine derartige Vorrichtung eines neuen Terrains als nicht zu unterschätzendes Mittel, um die Baulust in der betreffenden Gegend anzuregen und Bewohner dorthin zu locken.

Die systematische Planung der Arbeiten würde somit schon in der frühesten Periode für das ganze projectirte Gebiet erfolgen müssen; die Ausführung würde grösstentheils gleichzeitig mit der Fertigstellung der Strassen vorzunehmen sein, und zwar würde dieselbe dann so weit erfolgen müssen, dass nur noch etwa die Verbindungen der zukünftigen Häuser mit den unterirdischen Anlagen einer späteren Zeit vorbehalten blieben. — Auf diese Weise würde in einer für unsere heutigen Culturstädte hochwichtigen Frage den hygienischen Interessen vollauf Rechnung getragen werden.

Betreffs der Kostendeckung für die Arbeiten zur Herrichtung des Terrains s. im folgenden Abschnitt.

IV. Strassen.

Bei der Anlage städtischer Strassen kommt eine Reihe von Momenten in Betracht, welche ganz besondere Berücksichtigung vom hygienischen Standpunkte aus erfordern. Dahin gehören Richtung, Breite der Strassen, der Abstand zwischen 2 benachbarten Strassen (Blocktiefe); ferner die Art der Construction und die Zeit der Ausführung und Fertigstellung einer Strasse.[1])

1. Richtung, Breite und Abstand der Strassen.

Bisher galt die Strasse nur als Verkehrs- und Baulinie, und namentlich waren es die Rücksichten des Verkehrs, welche fast ausschliesslich ihre Richtung und Breite bestimmten. Die Forderungen, die in diesem Sinne aufgestellt werden und die hier ausführlicher erwähnt werden müssen, weil sie in mancher Beziehung mit

1) Vogt, Ueber die Richtung städtischer Strassen etc. Ztschr. f. Biol. XV. S. 98. — Vogt, Resultate etc. Ztschr. f. Biol. XV. S. 605. — Wiebe, Ueb. d. Anforderungen d. öff. Ges. an den Bau städtischer Strassen. Vrtjschr. f. ger. Med. XX. S. 313. — Herstellung neuer Strassen, Zur Frage der, Niederrh. Corr.-Bl. f. öff. Ges. II. S. 226. — Zuber, Ueber Richtung und Breite der Strassen in Städten. Rev. d'hyg. I. p. 887. — A. Müller, Ueber d. Auswahl d. Materials zu Strassendammschüttungen. V. f. öff. Ges. 1874. S. 264. — Varrentrapp, Ueber die Anwendung d. Sodarückstände zu Strassendammschüttungen. V. f. öff. Ges. 1874. S. 408.

den hygienischen Anforderungen in Concurrenz treten, lassen sich etwa folgendermassen formuliren:

Man unterscheidet einen Lokalverkehr zwischen den verschiedenen Theilen der Stadt und gewissen Knotenpunkten (Bahnstationen, Brücken, Märkte, Läden, Fabriken; Kirchen, Schulen; Vergnügungslocale), der namentlich eine zeitweise starke Steigerung zeigt; ferner den Verkehr zwischen Stadt und Land, von einzelnen peripherischen Mündungen der Stadt nach dem Innern hin zusammenlaufend; endlich den Durchgangsverkehr, der am wenigsten Bedeutung zu haben pflegt und häufig durch Gürtelstrassen vom Stadtinnern abgelenkt wird. Die Hauptrichtungen der Strassen bestimmen sich nun derart, dass sie möglichst gerade Verbindungslinien herstellen zwischen den wesentlichsten peripheren Mündungen und dem Stadtinnern; ferner zwischen hervorragenden Knotenpunkten des Verkehrs im Stadtinnern. Um diese Hauptlinien gruppiren sich die übrigen Strassen nach verschiedenem Schema; entweder nach dem Rechteck- oder Parallelsystem, bei dem die Häuserblöcke Quadrate oder Rechtecke bilden (so namentlich in amerikanischen Städten, besonders Philadelphia). Dieses System bietet jedoch zu wenig ausgesprochen kürzere Wege, es fehlen daher natürliche Hauptstrassen von stärkster Frequenz; ausserdem macht es einen monotonen Eindruck. Dasselbe passt daher höchstens für kleinere Stadtbezirke.

Ein anderes Bild bietet das Dreiecksystem, bei dem die Hauptverkehrslinien die Diagonalen von rechteckigen Häuserblöcken bilden. Dadurch wird den Anforderungen des Verkehrs am besten entsprochen, und daher eignet sich dieses Schema für grosse Anlagen (Karlsruhe, Mainz u. s. w.). — Für die gleichmässige Erweiterung eines bestehenden Stadtkerns passt endlich das Radialsystem, wo die bestehenden Hauptverkehrswege zwischen dem angrenzenden Lande und dem Stadtkern die Radien bilden, zwischen denen die einzelnen Quartiere nach dem Dreieck- oder Rechtecksystem gruppirt werden; Ringstrassen können ausserdem zur Entlastung des Kerns angelegt werden (Amsterdam, Landau).

Die nothwendige Breite der so gerichteten Strassen ist in folgender Weise zu berechnen: Bei neu anzulegenden Strassen ist die demnächstige Frequenz natürlich nur ungefähr abzuschätzen; für Strassen von voraussichtlich geringer Frequenz wählt man eine Fahrbahnbreite von 2 Fuhrwerksbreiten; für grössere legt man 4, für Hauptstrassen 6 Fuhrwerksbreiten zu Grunde. Die Fuhrwerksbreite rechnet man zu 2,5 Meter; ferner wird $^3/_5$ der Strassenbreite für die

Fahrbahn, je $^1/_5$ für jeden Fussweg gerechnet, so dass also die ganze Strassenbreite = $1^2/_3$ mal die Fahrbahnbreite ist. Daraus ergiebt sich für Nebenstrassen ein Minimum der Breite von $2 \cdot 2{,}5 \cdot 1^2/_3$ = 8 Meter; für grössere $4 \cdot 2{,}5 \cdot 1^2/_3$ = 17 Meter; für Hauptstrassen $6 \cdot 2{,}5 \cdot 1^2/_3$ = 25 Meter.

Ob eine fertig gestellte Strasse dem Verkehr, der sich in derselben etablirt, genügt, oder inwieweit eine Verbreiterung der Strasse anzustreben ist, ergiebt sich aus der Beobachtung der Frequenz; und zwar sucht man festzustellen das durchschnittliche Maximum der Fussgänger und Wagen während der am stärksten frequentirten Stunde. Aus der Verkehrsgrösse berechnet man dann die erforderliche Strassenbreite nach der Formel $B = b_o \frac{Z_{max}\, l_o}{3600\, v} + m$; wo b_o die Breite der passirenden Fuhrwerke + einem Zuschlage von nicht unter 0,5 Meter, l_o die Länge von Fuhrwerk und Bespannung + einem Zuschlag von 1—5 Meter, Z_{max} das Stundenmaximum des Verkehrs, v dessen mittlere Geschwindigkeit und m eine Zusatzbreite bezeichnen, die für das seitliche Halten von 1 resp. 2 Fuhrwerksreihen erforderlich ist. b_o ist bei Lastfuhrwerken zu 2,5 Meter zu rechnen; l_o zu 10 Meter; v bei Lastfuhrwerk = 1 Meter, so dass also ein Güterwagen 10 Sec. zum Passiren eines Punktes gebraucht.

Ueber den Abstand zwischen 2 benachbarten Strassen, der also zusammenfällt mit der Tiefe der Häuserblocks, lassen sich schwer allgemein gültige Vorschriften geben. Eine zu grosse Tiefe verbietet sich in stark bebauten Gegenden schon aus Rücksichten des Verkehrs; in weniger stark bewohnten Gegenden sind tiefere Blöcke gestattet. Als Minimum der Blocktiefe rechnet man 2 Grundstückstiefen à 20 Meter; bei grösseren Häusern beträgt die durchschnittliche Tiefe der Blöcke 120 Meter. Im Ganzen geht jedenfalls das moderne Bestreben dahin, grössere Blocktiefen zu vermeiden, schon weil dadurch eine geringere Anzahl von Frontbauten bedingt sein würde.

Neben den Interessen des Verkehrs werden zuweilen auch noch die architektonischen und ästhetischen Interessen betont, aber ohne bezüglich der Richtung und Breite der Strassen jemals durchschlagend zu werden. Namentlich handelt es sich von diesem Standpunkt aus um ein Vermeiden zu langer gerader Strassen, um das Einfügen kleiner Unregelmässigkeiten u. s. w.

Dass auch vom hygienischen Standpunkt aus bestimmte Anforderungen an die Richtung, Breite und den Abstand städtischer Strassen gestellt werden können, ist erst in neuester Zeit hervorgehoben und begründet worden. Es hat sich gezeigt, dass bis zu einem gewissen Grade die Zufuhr von Wärme, Licht und Luft zu den Wohnungen von der Strassenrichtung und -breite abhängig ist, und dass nur ein bestimmter Verlauf und eine bestimmte Bauart der Strassen den hygienischen Interessen Rechnung trägt. Hier und da finden sich zwar schon Bestimmungen oder Vorschläge bezüglich der Richtung und Breite der Strassen, die auf hygienischen Motiven beruhen. So geht die Empfehlung der Südost-Nordwestrichtung, ferner die vorgeschlagene Verordnung, dass die Breite der Strasse der Haushöhe gleich sein solle, darauf hinaus, den Wohnungen möglichst Licht resp. Sonnenwärme zuzuführen (siehe Vorschläge des deutschen Vereins für öff. Gesundheitspflege, S. 26). Namentlich war man bisher der Ansicht, dass bei einer Construction wie in Fig. 1, wo die Höhe h gleich der Breite b und die Einfallslinie des Lichts einen Winkel von höchstens 45⁰ mit dem Horizont resp. mit der Hauswand ausmacht, stets eine genügende Zufuhr von Licht gesichert sei. Man rechnete dabei h von der Erdoberfläche ab bis zur Dachtraufe; nur wo um das Haus ein Lichtgraben gezogen ist, dessen Breite seiner Tiefe mindestens gleichkommt, und der somit directes Licht unter 45⁰ bis zur Basis gelangen lässt, darf von der Sohle des Grabens aus die Höhe gemessen werden (Baumeister). Ferner kommt eventuell die Steilheit des Dachs in Frage, sobald dieses in einem 45⁰ übertreffenden Winkel angelegt ist; dies ist allerdings höchst selten der Fall, höchstens bei den gebrochenen oder Mansardendächern; deren Höhe ist dann der Haushöhe zuzumessen. — In einzelnen Städten gestattet man, dass $h = b + x$ ist, wo x ein constantes, aber in verschiedenen Städten variirendes Maass bezeichnet. In Hamburg beträgt x = 6 Meter, und stellt sich sodann das Verhältniss zwischen Haushöhe und Strassenbreite wie in Fig. 2 dar.

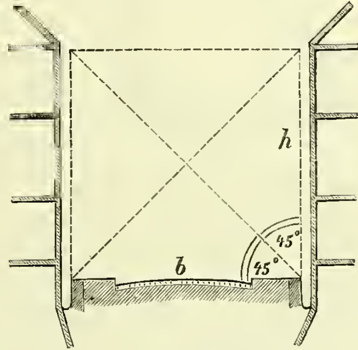


Fig. 1.

Bei den genannten Verordnungen ist indess lediglich Rücksicht genommen auf das diffuse Tageslicht; nicht aber auf die Sonnen-

strahlen, deren Einfallswinkel ausserordentlich wechselt. Geht man von dem Grundsatz aus, dass den Bewohnern der Strassenfronten wo möglich ein gewisses Maass von Licht und Wärme durch die Sonnenstrahlen zugeführt werden muss, so ergeben sich ganz andere Anforderungen an Richtung und Breite der Strassen. Diesen Grundsatz wird man aber vom Standpunkt der Hygiene aus unbedingt acceptiren müssen; wenigstens in unseren Klimaten ist der Vortheil der Sonnenwärme und der zeitweisen intensiven Beleuchtung evident und spricht sich am deutlichsten aus in dem auffallend stärkeren Begehr nach sonnig gelegenen Wohnungen. Eine genaue Detaillirung der Schädlichkeiten nicht von der Sonne bestrahlter Wohnungen ist zur Zeit kaum ausführbar; man kann nur vorläufig hinweisen auf die dauernd niedrigen Wandtemperaturen, auf die dadurch bewirkte Schwierigkeit einer Wasserverdunstung und die Neigung zur Wasserdampfcondensirung; auf die erschwerte Ventilation durch solche feucht gehaltene Wände, auf ihre Disposition zur Entwicklung von Pilzvegetationen; endlich auf die erst neuerdings hervorgehobenen Beziehungen der Lichtstrahlen zu den Lebensvorgängen. Ebensowenig gelingt es schon jetzt, durch eine zuverlässige Morbilitäts- und Mortalitätsstatistik den Beweis für die schädigende Wirkung unbestrahlter Wohnungen zu führen; die sonstigen einflussreichen Momente lassen sich zu schwer eliminiren, und man kann nicht eine im übrigen ganz gleichartige Bevölkerung construiren, die nur durch die Bestrahlung ihrer Wohnräume verschieden ist. Doch gelingen auch solche statistische Vergleichungen vielleicht noch durch Heranziehung grosser Bauten mit gleichartigen Bewohnern, z. B. Casernen u. s. w.

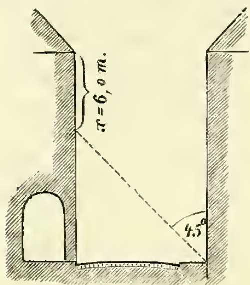


Fig. 2.

Man darf sich diesen hygienischen Anforderungen nicht etwa durch den Einwand entziehen, dass das Haus, welches eine unbestrahlte Front habe, nach hinten sonnige Zimmer biete, und dass so anderen Bewohnern zum Vortheil gereiche, was den Frontbewohnern eventuell Schaden bringt. Die Wohnräume werden überall vorzugsweise an die Front verlegt, während Wirthschaftsräume, Schlafkammern u. s. w. im hinteren Theil des Hauses liegen und theilweise liegen müssen; ausserdem pflegt in allen grösseren Städten die Bebauung der Grundstücke eine derartige zu sein, dass an der Rückseite weit weniger Fenster als an der Front den Eintrit der Lichtstrahlen gestatten; und ferner würde, selbst eine freie Rückseite vorausgesetzt, eine unzweckmässige Richtung der Strasse immerhin zu einer nicht wünschenswerthen und unpraktischen Vertheilung von Licht resp. Sonnenwärme und Schatten führen. — Dass in ein-

zelnen Fällen, die aber einer speciellen Abhilfe zugängig sind, ein Uebermaass von Sonnenstrahlen auch schädlich wirken kann, wird weiter unten erörtert werden.

Die Untersuchungen über die zweckmässigste Richtung und Breite der städtischen Strassen sind hauptsächlich von Vogt ausgeführt; die Resultate seiner Untersuchungen lassen sich im wesentlichen folgendermassen zusammenfassen:

Geht man von einer bestimmten mässigen Dauer der Bestrahlung aus, die als nothwendiges Minimum angesehen wird, und setzt diese beispielsweise nur zu 4 Stunden (10^h Vorm. bis 2^h Nachm.) fest, so lässt sich berechnen, welche Strassenrichtung und -breite diese Insolation gewährt. Zunächst ist es nöthig, den Einfallswinkel der Sonnenstrahlen für die verschiedenen Jahreszeiten und für verschiedene Breitengrade zu bestimmen.

Es ergiebt sich für die Zeit der Aequinoctien (21. März und 21. September)

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cdot \cos \beta \ldots,$$

wo α den zu bestimmenden Einfallswinkel der Sonnenstrahlen bedeutet; φ die Polhöhe, zugleich der Ausdruck des geographischen Breitengrades; β den Stundenwinkel, für die Insolationszeit von 10^h Vorm. bis 2^h Nachm. $= 30^0$.

Für den kürzesten Tag, 21. December, ergiebt sich:

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \varepsilon - \sin \varphi \cdot \sin \varepsilon,$$

wo ε den Abstand der Wendekreise vom Aequator $= 23^0\ 27'\ 15{,}2''$ bedeutet.

Für den längsten Tag, 21. Juni, findet man:

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \varepsilon + \sin \varphi \ \sin \varepsilon.$$

Danach erhält man folgende Werthe für den Einfallswinkel α der Sonnenstrahlen Vormittags 10^h und Nachmittags 2^h:

	am kürzesten Tage:	in den Aequinoctien:	am längsten Tage:
Unter d. 40. Grad geogr. Breite ist $\alpha =$	$20^0\ 39'\ 23''$	$41^0\ 33'\ 39''$	$59^0\ 49'\ 9''$
„ „ 45. „ „ „ „ $\alpha =$	$16^0\ 16'\ 49''$	$37^0\ 45'\ 41''$	$57^0\ 28'\ 53''$
„ „ 50. „ „ „ „ $\alpha =$	$11^0\ 52'\ 30''$	$33^0\ 49'\ 33''$	$54^0\ 38'\ 40''$
„ „ 55. „ „ „ „ $\alpha =$	$7^0\ 26'\ 59''$	$29^0\ 47'\ 2''$	$51^0\ 25'\ 8''$
„ „ 60. „ „ „ „ $\alpha =$	$3^0\ 0'\ 43''$	$25^0\ 39'\ 32''$	$47^0\ 53'\ 45''$

Für die weiteren Berechnungen legt man zweckmässig zunächst nur den kürzesten Tag zu Grunde, also den 21. December; dieser muss als Tag des ungünstigsten Insolationsverhältnisses die Grundlage zur Feststellung der Minimalforderung an Sonnenwärme und Sonnenlicht abgeben. Für diesen Tag ergeben sich folgende Werthe

von α, für verschiedene Insolationszeiten und verschiedene Breitengrade der gemässigten Zone:

Für eine Insolationszeit von:	geogr. Breite (= φ) = 40°	φ = 45°	φ = 50°	φ = 60°
10 Minuten	26° 32′ 6″	21° 32′ 13″	16° 32′ 15″	6° 32′ 22″
1 Stunde	26° 9′ 41″	21° 12′ 16″	16° 40′ 40″	6° 19′ 10″
2 Stunden	25° 1′ 19″	20° 11′ 26″	15° 20′ 54″	5° 38′ 43″
3 Stunden	23° 10′ 3″	18° 32′ 2″	13° 52′ 50″	4° 32′ 9″
4 Stunden	20° 39′ 23″	16° 16′ 49″	11° 52′ 30″	3° 0′ 43″
5 Stunden	17° 33′ 33″	13° 29′ 6″	9° 22′ 36″	1° 6′ 3″

Aus dem so kennen gelernten Einfallswinkel α lässt sich nun aber leicht die Länge der geworfenen Schatten berechnen. Sei in Fig. 3 AC die horizontale Oberfläche, FB der einfallende Sonnenstrahl, $\measuredangle$ BFC = α; und errichtet man nun an einem beliebigen Punkte von FC die Senkrechte DE = h, so ist die Länge des Schattens von h = FD; und

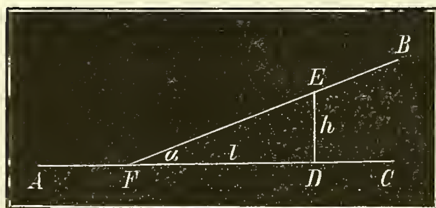


Fig. 3.

da $\cot \alpha = \frac{FD}{h}$, ist FD oder $l = h \cot \alpha$.

Man findet nach dieser Formel, dass sich verhält:

unter dem	40.	Breitengrad	h : l	= 1 : 2,6525
„ „	45.	„	h : l	= 1 : 3,4241
„ „	50.	„	h : l	= 1 : 4,7556
„ „	60.	„	h : l	= 1 : 19,0053

Aus der Schattenlänge lässt sich dann weiter die Strassenbreite in ihrem Verhältniss zur Häuserhöhe bei jeder beliebigen Strassenrichtung bestimmen. In Fig. 4 bedeute AC eine senkrechte Hauswand, und aus dieser greife man eine beliebige Linie heraus, z. B. die im Punkte O senkrecht auf dem Boden stehende Linie. Die Sonne stehe in S; dann wird diese Linie einen Schatten in der Richtung SO werfen; die Länge dieses Schattens sei = Oa = l. Jetzt wird offenbar der Schatten der Wand AC begrenzt durch die Linie DE, und eine auf dieser Grenze errichtete Verticalwand würde in ihrer ganzen Ausdehnung von der Sonne beschienen sein. Es kommt nun darauf an, die Entfernung ac oder B, den Abstand zwischen AC und DE, kennen zu lernen. Bezeichnet man den Winkel, den die Wand AC mit dem Meridian einschliesst, mit δ; ferner den Stundenwinkel, d. h. den Winkel, welchen der Schatten SO mit dem Meridian einschliesst, mit β; so ist $\measuredangle$ SOA = $\delta + \beta$; $\measuredangle$ SOA ist aber =

∢ COa, folglich auch dieser $= \beta + \delta$. Im Dreieck Oac ist aber $\sin COa = \frac{ca}{Oa}$, oder $\frac{B}{l}$; folglich $B = l \cdot \sin COa$ oder

$$= l \cdot \sin(\beta + \delta).$$

Da nun aber l nach der früher abgeleiteten Gleichung $= h \cdot \cot \alpha$ war, so ist $B = h \cdot \cot \alpha \cdot \sin(\beta + \delta)$, und $\frac{B}{h} = \cot \alpha \cdot \sin(\beta + \delta)$.

Hält man daran fest, dass die Insolation von Vormittags 10^h bis Nachmittags 2^h dauern soll, so hat man $\beta = 30^0$ und dann also $\frac{B}{h} = \cot \alpha \cdot \sin(30^0 + \delta)$.

(B drückt übrigens nur dann die volle Strassenbreite aus, wenn die Neigung des Daches nicht grösser ist als der Einfallswinkel α; andernfalls müsste die Haustiefe von der Aussenseite bis zum Dachfirst, der dann eigentlich den Schatten begrenzt, von B abgezogen werden.)

Ebenso leicht lässt sich nun auch berechnen, wie gross die Schattenflächen sind, welche bei verschiedenen Strassenrichtungen auf den Sonnenseiten vorhanden sind, und ein wie grosser Theil der Bewohner der Sonnenseite noch zu den temporären oder bleibenden Schattenbewohnern zu rechnen ist.

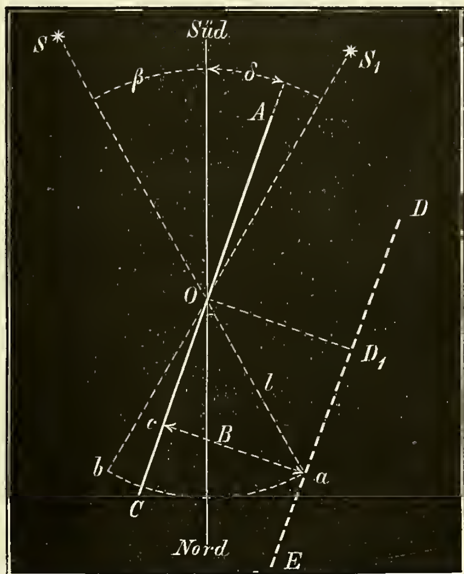


Fig. 4.

Bedeutet in Fig. 4 OCED eine Strasse, deren Länge OC mit L und deren Breite ca mit B bezeichnet wird, so lässt sich L_0, die Länge des beschatteten Theiles von der Front aE folgendermassen berechnen:

∢ $cOa =$ ∢ $AOS = \beta + \delta$ und $Oc = B \cdot \cot(\beta + \delta)$; da $aE = cC = L - Oc$, ist

$$L_0 = L - B \cdot \cot(\beta + \delta),$$

oder wenn mit L_0 die beschattete Länge auf der entgegengesetzten Front bezeichnet wird:

$$(L_0) = L - B \cdot \cot(\beta - \delta)$$

Endlich ist auch noch die Höhe des Schattens an der insolirten Wand zu bestimmen; und zwar ergiebt sich

$$h = H - B \frac{\text{tang } \alpha}{\sin(\beta + \delta)}, \quad (h) = H_1 - B \cdot \frac{\text{tang } \alpha}{\sin(\beta - \delta)},$$

wo h, (h) die Schattenhöhen an den betreffenden Strassenseiten, H, H_1 die Firsthöhen bezeichnen.

Mit Hilfe dieser 4 Formeln für L_0, (L_0), h, (h) lässt sich in jeder Strasse das Schattengebiet genau umgrenzen und bei der Planirung einer solchen zum Voraus bestimmen.

Von besonderem Interesse ist eine Prüfung der hauptsächlichsten Strassenrichtungen nach dieser Rechnung. Wenn man die von Nord nach Süd laufenden Strassen als meridionale Strassen und die dem Aequator parallel, von Ost nach West laufenden als äquatoriale Strassen bezeichnet, so erhält man für meridionale Strassen, bei welchen $\delta = 0$ ist:

$$\frac{B}{h} = \cot \alpha \cdot \sin(30^0) = \frac{1}{2} \cdot \cot \alpha$$

und für äquatoriale Strassen, wo $\delta = 90^0$ ist:

$$\frac{B}{h} = \cot \alpha \cdot \cos(30^0) = \sqrt{3/4} \cdot \cot \alpha,$$

woraus sich für verschiedene Breitengrade folgendes Verhältniss zwischen Häuserhöhe und Strassenbreite ergiebt:

		bei meridionalen Strassen	bei äquatorialen Strassen
unter dem 40. Breitengrad	H : B =	1 : 1,3263	1 : 2,2971
„ „ 45. „	H : B =	1 : 1,7121	1 : 2,9654
„ „ 50. „	H : B =	1 : 2,3778	1 : 4,1184
„ „ 55. „	H : B =	1 : 3,8238	1 : 6,6230
„ „ 60. „	H : B =	1 : 9,5027	1 : 16,4594

Bemerkenswerth ist ferner, dass, wenn $\delta = 30^0$, wenn also die Strassenrichtung um nur 30^0 von der meridionalen Richtung abweicht, man erhält:

$$\frac{B}{H} = \cot \alpha \cdot \sin(30^0 + 30^0) = \cot \cdot \alpha \cdot \cos(30^0),$$

also dasselbe Resultat, das für die äquatorialen Strassen erhalten wurde. Eine Südwest-Nordostrichtung ist also ebenso ungünstig, wie die reine Ost-Westrichtung.

Zum Verständniss der Consequenzen der Insolationsverhältnisse verschieden gerichteter Wände ist dann noch zu betonen, dass, während auf dem horizontalen Boden die steiler einfallenden Strahlen der Mittagssonne die höchste Insolationskraft besitzen, sich dies Ver-

hältniss beim Auffallen der Strahlen auf verticale Wandungen gerade umkehren muss, und dass dadurch den nach Ost oder West gerichteten Fronten bei gleicher Insolationsdauer mehr Wärme zugeführt wird, als den Südseiten. Die Ostwand eines Gebäudes nimmt, wie experimentelle Untersuchungen Vogt's bestätigt haben, ceteris paribus die grösste Summe von der Insolationswärme auf, die Westwand nimmt die Mittelstellung ein, die Südwand wird im Ganzen weniger als diese von der Sonne erwärmt. Unter Verhältnissen, wie sie in unseren Klimaten vorkommen, vermag beispielsweise eine direct meridionale Strasse ihren Häuserreihen an Sonnentagen zwischen 10 und 2 Uhr eine mindestens 2,7 mal grössere beschienene Wandfläche und eine 3,7 mal grössere Menge von Sonnenwärme zu verschaffen, als bei äquatorialer Richtung.

Das erhebliche Mehr von Wärme und Licht, welches in meridionalen Strassen den Bewohnern zugeführt wird, könnte einen Einwand finden in dem Hinweis auf die Folgen zu starker Erwärmung des Hauses durch die Sonne während des Hochsommers. Es ist im Capitel „Wohnung“ ausführlich erörtert, welch excessive Temperaturen unter Umständen innerhalb der Wohnungen durch eine starke Bestrahlung der Wandungen erreicht werden können; und es fragt sich, ob dieser Nachtheil nicht zu dem Bestreben führen muss, die Insolation der Häuser mehr zu vermeiden als herbeizuführen. Aber die Entscheidung fällt trotzdem in den meisten Fällen zu Gunsten der meridionalen, bestrahlten Strassen; schon deshalb weil die Periode, in welcher Nachtheile aus der Bestrahlung erwachsen können, sehr kurz ist gegenüber der kalten und mässig warmen Jahreszeit, welche die Sonnenwärme erwünscht erscheinen lässt. Ferner können sich die Einwohner durch geeignete Schutzmassregeln der Einwirkung zu starker Insolation entziehen; durch Bedeckung der Hauswand, durch reichliche Ventilation, durch passende Vertheilung der Wohnräume und andere Mittel, die oben ausführlicher besprochen sind, lassen sich die excessiven Temperaturen vermeiden. Ausserdem sind es weniger die durch zahlreiche Fenster unterbrochenen Frontwände der Häuser, die als Wärmereservoire für die Sonnenstrahlen gefährlich werden können, sondern die seltener vorkommenden nackten Giebelwände; und endlich betreffen die höchsten Temperaturen gerade die höchsten Stockwerke, die in allen Fällen, auch in äquatorialen Strassen, ein reichliches Maass von Sonnenstrahlung erhalten.

Wenn es demnach auch hygienisch geboten erscheint, die etwaigen hohen Sommertemperaturen der Wohnräume zu berücksichtigen,

so ist durch diese doch keineswegs eine möglichst schattige Lage des Strassennetzes geboten; sondern es ist nur um so entschiedener auf die Bekämpfung der eventuellen hohen Temperaturen durch private Mittel zu dringen. Im Interesse der überwiegenden kühlen Jahreszeit und mit Rücksicht auf die oben geschilderten Nachtheile der Schattenlage ist dagegen bei der Strassenanlage auf möglichst meridionale Richtung zu sehen. Das hygienische Ideal eines Strassensystems würde somit von diesem Gesichtspunkt aus in langen, parallelen, von Süden nach Norden gerichteten Strassen bestehen, die von ganz kurzen und sehr breiten Querstrassen durchkreuzt werden.

Vom hygienischen Standpunkt aus kommt indessen noch ein anderes Moment in Betracht. Je nach der Richtung der Strasse zum herrschenden Winde wird nämlich eine ausgiebigere oder geringere Ventilation der Strasse und der Wohnhäuser statthaben. Stimmt die Strassenrichtung mit der Windrichtung ganz oder nahezu überein, so wird in der ganzen Länge der Strasse ein sehr lebhafter Luftaustausch bestehen, und auch die Lufterneuerung in den Wohnungen wird leicht von statten gehen. Kreuzt dagegen die Strassenrichtung die Windrichtung, so wird meist nur die äusserste frei liegende Peripherie stark ventilirt, während in der inneren Stadt nur dadurch eine geringfügige Luftbewegung in den Strassen erzeugt wird, dass der Wind, während er über die Häuser und Strassen wegstreicht, dort eine saugende oder drückende Wirkung ausübt. Nur bei heftigen Winden und bei ausgesprochen ab- oder aufwärts gerichteter Strömung macht sich diese bis zum Boden hin bemerkbar; bei gewöhnlicher Stärke und bei engen Strassen ist meist gar keine fühlbare Luftbewegung vorhanden. Im Interesse des Luftwechsels ist daher entschieden eine der Windrichtung einigermassen entsprechende Strassenrichtung zu wünschen. Da aber die Windrichtung stetig wechselt, wird keinesfalls immer diesem Wunsche entsprochen werden können; wohl aber wird man die local herrschende Windrichtung der Strassenrichtung zu Grunde legen können. Erstere erfährt man durch eine während des ganzen Jahres vorgenommene Registrirung der einzelnen Windrichtungen unter gleichzeitiger Notirung der Dauer jedes einzelnen Windes; man erhält dadurch schliesslich die durchschnittliche Vertheilung der verschiedenen Windrichtungen auf das ganze Jahr und bezeichnet die Windrichtung von relativ längster Dauer als herrschende. Wo ein starkes Her-

vortreten einer bestimmten Windrichtung besteht, würde man dann anstreben müssen, dass die Hauptstrassenzüge dieser parallel laufen oder doch nur um einen kleinen Winkel, jedenfalls unter 45°, von derselben abweichen.

Häufig wird die herrschende Windrichtung in den Bereich der meridionalen Strassenrichtung hineinfallen, und dann wird die letztere um so dringender indicirt sein; wo diese beiden Factoren divergiren, wird im Ganzen das Bedürfniss der Insolation überwiegen, da die Abweichung von der Windrichtung doch nur für einen gewissen Bruchtheil des Jahres besteht, und ausserdem die Windstärke, sowie die auf- oder absteigende Richtung des Windes den hygienischen Effect desselben compliciren. Durch hinreichende Breite der Strassen ist ausserdem ein ziemlich wirksames Correctiv zu schaffen. — Besondere Berücksichtigung der Windrichtung und Windstärke ist deshalb wohl nur da nöthig, wo durch die natürliche Lage der Stadt oder durch künstliche Umwallung u. s. w. das Eindringen der Winde so wie so verhindert oder erschwert ist. Hier kann unter Umständen die Sorge für eine Erleichterung der Ventilation bei der Feststellung der Strassenrichtung sogar in den Vordergrund treten.

Die geschilderten hygienischen Gesichtspunkte werden bezüglich der Richtung der Strassen überall da unbedingt massgebend sein müssen, wo nicht schwerwiegende Rücksichten des Verkehrs oder der Aesthetik mit denselben in Concurrenz treten. Ist letzteres der Fall, so wird eine Entscheidung sehr schwierig. Ist ein ausgeprägtes Centrum einerseits, ein stark bevölkertes Aussenrevier andererseits vorhanden, so wird eine gradlinige Verbindung beider als Hauptverkehrsweg, ohne Rücksicht auf die hygienischen Bedenken, kaum zu vermeiden sein; in manchen Fällen wird sich daher das Strassennetz eines Stadterweiterungsplans ohne weiteres an bereits gegebene Verkehrswege anschliessen müssen. Wo aber die peripherischen Mündungen noch nicht festliegen, oder wo neue peripherische Centren zu schaffen sind, da wird man die Strassenrichtung den hygienischen Forderungen einigermassen anpassen können. Häufig wird es schon gelingen, durch Knickungen und Biegungen einer längeren Strasse den grösseren Theil derselben unter bessere hygienische Bedingungen zu versetzen, während das Interesse des Verkehrs dadurch nur wenig beeinträchtigt und dem ästhetischen Bedürfniss noch besonders entsprochen wird. — Praktische Versuche werden darüber entscheiden müssen, in wie weit aus einer solchen Concurrenz der Interessen die Hygiene siegreich hervorgehen kann; bisher waren die hygienischen Principien selbst noch zu unsicher fundirt, um bei

der Strassenrichtung eingehender berücksichtigt zu werden. — Jedenfalls werden aber bezüglich der Strassen b r e i t e die Forderungen der Hygiene in der hier entwickelten Weise formulirt werden müssen; und man wird mit Recht verlangen, dass fortan für die Feststellung der Breite einer Strasse vom hygienischen Standpunkt aus nicht mehr die Formel $h = b$, sondern, wenn die Formel $\frac{b}{h} = \cot \alpha \cdot \sin (30^0 + \delta)$ zu Grunde gelegt wird.

Bezüglich des Strassenabstands (Blocktiefe) gehen die Anforderungen der Hygiene im Ganzen zusammen mit den modernen Bestrebungen der Bautechniker; wie oben erwähnt wurde, vermeidet man gern grössere Blocktiefe, weil dadurch an Frontbauten verloren würde; vom hygienischen Standpunkt muss mit weit grösserem Nachdruck auf g e r i n g e B l o c k t i e f e hingearbeitet werden, weil wesentlich von der Blocktiefe die Dichtigkeit der Bebauung eines Grundstücks und die Construction zahlreicher Hofwohnungen abhängt. Das tiefere Grundstück kann in den seltensten Fällen unausgenutzt bleiben; vielmehr wird es fast stets mit zahlreichen Hintergebäuden besetzt werden, deren Rückseiten sich wieder nahe mit den Hinterhäusern der nächsten Parallelstrasse berühren; Seitenflügel pflegen Vorder- und Hinterhaus zu einem geschlossenen Carré zu verbinden, und so entstehen die in den meisten grösseren Städten und namentlich in Berlin so beliebten engen Höfe, deren zahlreiche Wohnungen Luft, Licht und Sonnenwärme in völlig ungenügendem Maasse erhalten. Man könnte zwar versuchen, einer zu engen Bebauung der Grundstücke durch Vorschriften über das Verhältniss zwischen Höhe und Abstand der Hintergebäude oder über das obligatorische Unbebautbleiben eines gewissen Theils jedes Grundstücks zu begegnen (vgl. unten „Bebauung der Grundstücke"); aber es wird niemals gelingen, dadurch so günstige Licht- und Luftverhältnisse herzustellen, wie an den Strassenfronten, da sonst ein sehr grosser Theil der Grundstücke unbenutzt bleiben und erheblich an Werth verlieren würde, und da ausserdem die Seitengebäude in allen Fällen eine ausgiebige Ventilation ausserordentlich erschweren. Statt solcher ohne grosse Härte gegen die Grundbesitzer nicht durchführbarer Vorschriften erscheint es daher zweckmässiger, auf einer geringen B l o c k t i e f e zu bestehen. Rechnet man die einzelne Grundstückstiefe, bestehend aus Vorderhaus, Hofraum und etwaigen kleinen Wirthschaftsgebäuden, je nach der Grösse des Hauses zu 20 bis 60 Meter, so ergiebt sich daraus eine maximale Blocktiefe von 40 bis

120 Meter. Durch die Festlegung solcher Blöcke würde in Verbindung mit relativ milden Vorschriften über den nothwendigen Abstand der Hintergebäude und über das erlaubte Maass von Bebauung der Grundstücke einer zu ausgedehnten Construction von Hinterhäusern und Hofwohnungen am besten vorgebeugt werden.

2. *Construction der Strassen und Zeit der Ausführung.*

Bei der Herstellung der Strassen ist im hygienischen Interesse zunächst auf eine vorhergehende Entwässerung und Kanalisirung zu sehen (s. oben). Betreffs der ferneren Construction ist vom hygienischen Standpunkt aus namentlich zu wünschen, dass das Material der Strassen von einer Beschaffenheit ist, die möglichst wenig Staub aufkommen lässt, die eine leichte und gründliche Reinigung gestattet und rasches Ablaufen des Wassers ermöglicht. — Um den lästigen und geradezu schädlichen Staub zu vermeiden, sollte nur sehr hartes und namentlich schwer zerreibliches Material verwandt werden; namentlich müssen aber die Zwischenräume zwischen den Steinen klein und mit fest zusammenhängender, nicht stäubender Füllung gedichtet sein. Ganz zu verwerfen sind chaussirte Fahrbahnen; diese, sowie Promenaden und öffentliche Plätze, die mit losem Material gedeckt sind, werden zu unerschöpflichen Staubquellen, die auch die gute Pflasterung benachbarter Strassen illusorisch machen.

Eine Reinhaltung des Pflasters ist nur dann möglich, wenn die Oberfläche der Steine eben und wenn keine Vertiefungen und Zwischenräume bestehen, welche Unreinigkeiten aufnehmen können. Durch das wiederholte Eindringen von Feuchtigkeit, Düngerresten u. s. w. können die Fahrbahnen schlecht gepflasterter Strassen zu Reservoiren fäulnissfähiger Substanzen werden, deren Inhalt bei trockenem Winde stets wieder der Luft beigemengt wird. Macadam und Asphaltbahnen sind in dieser Beziehung am günstigsten. — Zur Orientirung über die Beschaffenheit und die Vorzüge der verschiedenen Pflasterungen mögen die folgenden, dem „Deutschen Bauhandbuch" entnommenen Angaben dienen:

1. *Pflasterungen für die Fahrbahn.*

Als Befestigungsmittel für die Fahrbahn dienen: Pflasterungen aus Stein, Holz und Eisen, Steinschlag und Asphalt.

Das Quergefälle städtischer Fahrstrassen ist sehr gering zu halten. Meist wird die mittlere Zone der Fahrbahn etwas abgeplattet und die seitlichen Streifen werden nach der Kreislinie geformt. Bei Befestigungsmitteln von grosser Glätte wird die Bahn im Querschnitt nach 2 gegen

einander geneigten Ebenen geformt. Mittelwerthe des Quergefälles: bei Steinschlagbahn 70 ‰, Pflasterbahn 50 ‰, Holzpflaster 40 ‰, Asphaltbahn 15 ‰.

Pflasterungen aus Stein. Rauhe Pflasterungen und selbst solche von etwas besserer Beschaffenheit sind für feinere städtische Strassen ungeeignet, für welche fast nur das Reihenpflaster in Betracht kommt. Es kommen normal und schräg (etwa unter 45° geneigt) zur Strassenaxe gestellte Reihen vor; wenigstens sind beide Arten bei Strassen mit geringem Längengefälle vertreten, während auf stärker geneigten Strassen allein die normale Stellung im Gebrauch ist.

Folgende Anforderungen werden an die Pflastersteine gestellt:

1. Die Steine müssen regelmässig bearbeitet, 20 cm, mit einem Spielraum von 1 cm plus und minus hoch, 8—14 cm breit und 12—14 cm lang sein; die Kopffläche, für welche obige Maasse gelten, muss ein Rechteck und eben bearbeitet sein; die Grösse der ebenen Grundfläche muss $^2/_3$ der Kopffläche betragen. Die Steine werden aufgeschichtet und nach kbm abgenommen.

2. Die Steine sollen in 3 Sorten geliefert werden, welche sich nach ihrer Form wie folgt unterscheiden:

Die Steine erster Sorte sollen am Kopfe eine Länge von 15—20 cm und eine Breite von 10—15 cm haben, bei einer Höhe von 18—20 cm.; die Steine zweiter Sorte eine Länge von 15—20 cm und eine Breite von 8—15 cm, bei 15—20 cm. Höhe; die Steine dritter Sorte eine Länge von 13—18 cm, eine Breite von 8—14 cm und eine Höhe von 12—17 cm. Die Kopfflächen aller 3 Sorten müssen möglichst ein Rechteck bilden, durchaus rechteckig behauen sein und dürfen keine Vertiefungen oder Erhöhungen haben, welche mehr als 8 mm betragen. Die Fussfläche jedes Steines muss mindestens $^2/_3$ seiner Kopffläche halten. — Die Abnahme erfolgt, aufgesetzt, nach kbm.

3. Es werden 3 Klassen von Steinen geliefert:

1. Würfel von 19—20 cm (übereinstimmender) Seitenlänge mit lauter geraden Kanten und ebenen Seitenflächen; 2. Parallelepipeden von 20 cm Seitenlänge mit Verjüngung nach der Fussfläche von 1 cm auf jeder Seite, übrigens wie vor.; 3. Parallelepipeden mit 15—16 cm Seite, in Bezug auf Verjüngung und Bearbeitung wie vor. — Die Abnahme erfolgt nach □m Pflasterfläche.

Zur Unterbettung dienen je nach der anzustrebenden Solidität:

a) Kieslage von 15—30 cm Stärke mit etwa Nussgrösse der Körner.
b) Schotterlage mit Abgleichung durch Kieslage insgesammt 15 bis 25 cm stark.
c) Packlage, darüber Schotterschicht mit Kieselabgleichung wie vor.
d) In besonderen Fällen eine 10—20 cm starke Schicht aus magerem Beton, auf welcher die Steinreihen regelrecht in hydraulischem Mörtel versetzt werden.

Die Betonlage ist günstig in sanitärer Hinsicht, ungünstig für Vornahme von Reparaturen an unter der Strasse liegenden Rohren und Leitungen; die Befahrung eines so gebetteten Pflasters ist etwas hart.

Zur Fugendichtung dient entweder Kies- oder Sand-Einschwemmung, oder auch ein Guss von langsam bindendem hydraulischen Mörtel.

Der Mörtel ist für Ausgleichung localer Drucke und zur Verhinderung des Einsickerns faulender Flüssigkeiten in den Untergrund nützlich. Die Versickerung wird wirksam auch durch eine Ausfüllung der Fugen mit Asphalt verhindert.

Holzpflasterung. Elasticität, Ertödtung von Geräusch und hohe Verkehrssicherheit sind Vorzüge. — Lockerwerden des Verbandes infolge der Temperatur- und Feuchtigkeits-Schwankungen, kurze Dauer, hohe Kosten, endlich in mehreren Fällen beobachtete Erzeugung übler Ausdünstungen sind Mängel dieser Pflasterung.

Die Art der Unterlage des Holzpflasters ist für Reparaturen an Röhren und Leitungen, die unter der Strasse liegen, allgemein ungünstig, die Haltbarkeit des Pflasters sehr von örtlichen Verhältnissen und dem Witterungszustande bei der Herstellung abhängig.

Eisenpflasterung ist neuerdings in einigen Städten wieder in Gebrauch gekommen und wird auf einer Kies- oder Schotter-Schüttung von 10—20 cm Stärke aus zellenartig durchbrochenen Stücken, die am ganzen Umfange mit Verzahnungen in einander greifen und bei etwa 1 m Länge und 60 cm Breite 8 cm Höhe haben, hergestellt. 1 □m Pflaster enthält etwa 3^{z} an Eisengewicht. Die Zellen werden mit Kies vollgeschwemmt und es muss zur Milderung der Härte des Befahrens das Pflaster sorgfältig unter Decke gehalten werden. Dem Eisenpflaster ist von einzelnen Seiten geringe Haltbarkeit und Ausstossung übler Dünste bei warmem Wetter zum Vorwurf gemacht; von anderen Seiten werden diese Eigenschaften in Abrede gestellt.

Steinschlagbahnen sind in geschlossenen Orten nur in sonniger Lage, bei einigem Längengefälle der Strasse, und nur unter Voraussetzung besonderer Güte des Materials der Decklage empfehlenswerth. Die Dichtung wird am vollkommensten mittelst eines Gusses aus Theer und Pech bewirkt; indessen ist Kies von geeigneter Beschaffenheit ebenfalls zureichend.

Asphaltbahnen. Grosse Glätte, geringes Geräusch beim Befahren, Undurchdringlichkeit gegen Feuchtigkeit, Leichtigkeit und beschränkter Umfang von Reparaturen, rasches Trocknen und bequeme Reinhaltung zeichnen die Asphaltstrassen aus, die nur bei grösseren Neigungen im Längenprofil der Strasse und da nicht anwendbar sind, wo beständige geringe Feuchtigkeit oder seitliche Zuführung von klebigem Schmutz stattfindet. Die Asphaltbahnen bedürfen einer mit grosser Sorgfalt hergestellten und genau abgeglichenen *Betonunterlage* von 15 bis 20 cm Stärke. Auf dieser wird entweder *Guss-Asphalt* oder *comprimirter* Asphalt in einer Lagenstärke von 4—6 cm ausgebreitet.

Guss-Asphalt ist eine mit Kies versetzte, zum Schmelzen gebrachte Mischung und meist, als nicht homogener Körper, der Abnutzung in höherem Grade unterworfen als:

Comprimirter Asphalt, welcher in Pulverform beim Auftragen nur schwach erhitzt ist, so dass die Bildung der zusammenhängenden Lage durch eine Art Schweissprocess erfolgt. Statt der Abnutzung will man bei comprimirtem Asphalt eher eine Zunahme an Dichtigkeit durch den Druck des darüber gehenden Verkehrs bemerkt haben.

2. *Fusswege.*

Die Fusswege neben Fahrstrassen werden gewöhnlich mit erhöhten Borden gegen letztere abgegrenzt. Zu den Borden dienen am besten Quader aus Granit oder hartem Sandstein, die 25—35 cm Tiefe, 15 bis 35 cm Breite und 0,5—2,0 m Länge haben. Die Vorderseite erhält auf 10—20 cm Tiefe (von oben gerechnet) eine Abschrägung von etwa $^1/_6$ bis $^1/_4$.

Zur Befestigung der Fusswege dienen:

Pflasterung aus kleinen Findlingen; untergeordnete Anlage, rauh und bei Glatteis gefährlich. Kosten pro □m 1,5—3,0 M.

Mosaikpflaster aus kleinen, durch Zerschlagen gebildeten Steinstücken von 3,3—5,5 □cm Kopffläche, in Sand zu versetzen. Material am besten Porphyr, Grauwacke, Sandstein oder Marmor. Wegen Durchlässigkeit, Sicherheit der Begehung, Haltbarkeit uud leichter Unterhaltung ein vorzügliches Befestigungsmittel. Kosten: ungemustert 3—4 M., gemustert 4—8 M. pro □m.

Pflasterung aus sauber bearbeiteten Steinen mit 8,8 bis 12,12 □cm Kopffläche. Die Steine werden am besten in schrägen Reihen gesetzt. Haltbar, aber etwas hart. Kosten pro □m 3—6 M.

Plattenbelag aus Sandstein oder Granit. Plattenstärke 5—15 cm bei 0,25—2,0 □m Grösse. Sandstein ist bequem im Begehen, wird aber bald ausgetreten; Granit etwas hart im Begehen, besitzt den Vorzug grosser Sauberkeit bezw. leichter Reinigung und langer Dauer. Kosten: Sandsteinplatten 4—7 M., Granitplatten 7—10 M. pro □m.

Platten aus gebranntem Thon kleinen Formats (Blue Bricks, Iron Bricks etc.). Sind nicht beständig genug in ihrer Lage, aber sehr sauber und bequem zu begehen. Bettung auf Betonschicht ist kaum zu vermeiden. Kosten: je nach Musterung 6—9 M. pro □m.

Platten aus Cementbeton, quadratisch, 5—7 cm stark, in Grössen von etwa 0,3—0,4 □m, aus 1 Th. Cement und 4 Th. Kies, welcher sorgfältig zu sieben und zu waschen ist; die Kerngrösse muss gleichartig und von 4—5 mm Durchmesser sein. Die Platten bedürfen sorgfältigster Unterstopfung, sie sind bequem zu begehen, aber kaum zureichend für sehr grosse Frequenz. Kosten 4—5 M. pro □m.

Cementguss-Belag. Aus Material wie vor bestehend, aber mit gröberem Kies in den unteren Lagen, mit feinerem in den oberen Schichten zu untermischen. Stärke der Schicht 6—8 cm. Weniger günstig als Plattenbelag, weil die Wandelbarkeit des Untergrundes zu Rissen Anlass giebt, und Reparaturen und Aenderungen minder leicht, als es durch Einlegen neuer Platten möglich ist, bewirkt werden können; dauernd gute Erhaltung ist daher schwierig. Kosten 4—6 M. pro □m.

Guss- und comprimirter Asphalt. Bei guter Materialbeschaffenheit der vorzüglichste Fussweg-Belag. Unterlage am besten natürlicher Asphalt oder eine 10 cm starke Betonlage, weniger gut eine Flachpflasterung aus Ziegelstein. Stärke der Asphaltlage 1,5—2,0 cm, Dauer ziemlich gross. Kosten 5—7 M. pro □m.

Die Zeit der Ausführung neuer Strassen ist für die Entwicklung des betreffenden Anbaus von grösster Bedeutung. Es kommt viel darauf an, dass die gesammten Arbeiten, die zur Herstellung der Strasse nöthig sind — Grunderwerb, Planirung, Kanalisirung, Herstellung der Fahrbahn und des Fusssteigs —, in einer gewissen frühen Periode beendet werden, weil nur dann das neue Stadtviertel Bewohner anzulocken vermag. Dieser richtige Zeitpunkt ist aber für jede einzelne Strasse sehr schwer zu finden. Das ganze projectirte Strassennetz sofort nach der Plangestaltung auszuführen, ist wenigstens bei grösseren Stadterweiterungen nicht angänglich wegen der Ausdehnung und der Kosten der Arbeiten, namentlich aber deshalb, weil nur die Hauptstrassenzüge im Voraus fest bestimmbar sind. Für die Gemeinde würde es am vortheilhaftesten sein, wenn eine Strasse nach der andern immer nur dann fertig gestellt werden könnte, wenn ihre Bebauung mit Wohnhäusern in Angriff genommen wird, und wenn vor der Fertigstellung der einen Strasse die Bebauung einer anderen unterbleiben müsste. Ein solches Verfahren würde aber zu engherzig sein und die Baulust zu sehr herabdrücken. Für den planmässigen Vollzug einer grösseren Stadterweiterung scheint daher das auch in Berlin angewendete Verfahren empfehlenswerth, wonach alljährlich durch öffentlichen Anfruf eine Reihe von besonders geeigneten Strassen bezeichnet werden, die im Laufe des Jahres gepflastert und entwässert werden sollen; dafür gestattet das Ortsstatut dann keine Bauten ausserhalb dieser Strassen.

Jedenfalls sind die Strassenarbeiten wo möglich zu beenden, ehe mit dem Bau der Wohngebäude begonnen wird, oder doch lange ehe diese fertig sind. Abgesehen von der Erleichterung des Baus durch eine fertig gestellte Strasse übt das Vorhandensein eines bequemen Verkehrsweges zu den Neubauten einen erheblichen Einfluss auf das wohnungsuchende Publicum. Bei guter und leichter Verbindung mit den nächsten Centren werden alle Klassen der Bevölkerung gern die neuen Quartiere beziehen; ist die Communication anfangs noch erschwert, so siedelt sich leicht ein Proletariat in den Neubauten an, für das die letzteren eigentlich nicht geschaffen sind und das sehr schwer wieder zu verdrängen ist.

Nicht unerhebliche Schwierigkeiten pflegen sich bei der Kostendeckung der bisher erwähnten Arbeiten — Planirung des Terrains, Entwässerung und Kanalisirung, Herstellung der Strasse — geltend zu machen. Ein Theil der Ausgaben wird überall dem Grund-

besitzer aufgebürdet, der naturgemäss für die Zugänglichkeit des Grundstücks, die Senkung des Grundwassers, die Ableitung des Regen- und Brauchwassers aufzukommen hat. Bei kleineren Strassen, bis zu einem constanten Maximum, pflegt der Grundbesitzer auch wohl die sämmtlichen Lasten zu tragen; bei grösseren hat er einen bestimmten Bruchtheil der Gesammtkosten ($^1/_3$—$^2/_3$) zu zahlen. Die Berechnung ist namentlich noch dadurch erschwert, dass meist das zur Strassenanlage abgetretene Grundstück abgeschätzt werden muss gegen die Werthsteigerung, welche der Rest des Grundstücks durch die Anlage der Strassen erfährt; ferner dadurch, dass verschiedene Strecken ein und derselben Strasse, z. B. je nachdem sie dem Centrum näher liegen, sehr verschieden werthvoll sein können. Die beste Lösung bietet wohl der Baumeister'sche Vorschlag, Normalbeiträge festzustellen; diese sollen in abgerundeter Summe die Beitragspflicht aller Grundeigenthümer einer Strasse pro Meter Front bezeichnen und müssen regulirt werden nach dem Stadtbezirk, nach der Breite der Strassen und nach den Zeitverhältnissen (vgl. oben die Bestimmungen des Berliner Ortsstatuts, S. 16).

Von sonstigen Verkehrswegen kommen noch Pferdebahnen, Dampfbahnen und Wasserstrassen in Betracht, die aber nur wenig das hygienische Interesse berühren. Die Pferdebahnen sind in ihrem allgemeinen Netz jedenfalls in den Erweiterungsplan mit aufzunehmen, und bei der Bestimmung der Breite der Hauptverkehrsstrassen ist die Pferdebahnlage mit in Rechnung zu ziehen. Bei neuen Strassen fügt man der im übrigen erforderlichen Breite die die Breite der Gleise noch extra hinzu (1 Bahnwagen wird zu etwa 2 Meter Breite, der Mittelabstand zwischen 2 parallelen Gleisen zu etwa 3 Meter gerechnet). Als geringste erforderliche Strassenbreite legt man für neue Strassen 16 Meter, für ältere 11 Meter zu Grunde.

Die Aufnahme der Eisenbahnstränge in den Erweiterungsplan ist von weit grösserer Wichtigkeit, da enorme Kosten resultiren, wenn nach Fertigstellung der Wohngebäude die Nothwendigkeit einer Dampfbahnanlage hervortritt. In dieser Beziehung sind demnach alle Eventualitäten genau vorher zu erwägen; namentlich ist der voraussichtliche Verkehr zwischen Land und Stadt ins Auge zu fassen; eine Anlage mehrfacher Stationen im Kern und in den Vorstädten und die Verbindung dieser Stationen unter einander ist auf ihre Zweckmässigkeit zu prüfen, und auf diese Weise so viel als möglich ein nachträgliches Anlegen in bewohnte Stadttheile ein-

schneidender Schienenstränge zu vermeiden. — Die Anlage der Bahnhöfe u. s. w. äussert, wie oben erwähnt, ihren Einfluss eventuell auch auf die Gruppirung der Bevölkerung, indem sie theils die Industrie in eine bestimmte Region führen, theils in erheblicher Weise decentralisirend wirken kann. — Dampfbahnen und in geringerem Grade auch Pferdebahnen sind ferner zuweilen vorzüglich geeignet, um Colonisirung entfernter Theile des Erweiterungsplanes zu bewirken; dadurch, dass billigster und in jeder Weise erleichterter Verkehr zwischen dieser äussersten Peripherie und dem Stadtinnern resp. mit bestimmten Centren hergestellt wird, können Leute von verschiedenstem Beruf und namentlich Arbeiter veranlasst werden, in entlegeneren Vorstädten weit gesundere und bessere Wohnungen zu beziehen, als sie je für denselben Preis im Stadtinnern erhalten könnten. In solchen, zweckmässig durch gute und billige Verkehrsmittel mit der Stadt verbundenen Vorortanlagen beruht daher ein sehr aussichtsvolles Moment zur hygienischen Besserung der Arbeiterwohnungen.

Zu beachten ist endlich noch vom hygienischen Standpunkte aus, dass Eisenbahndämme den nahe anliegenden Quartieren leicht als Hinderniss für eine ordentliche Durchlüftung entgegentreten, und dass es für ein zwischen mehrere solcher Dämme gelagertes Terrain sich sogar um fast vollständiges Stagniren der Luftschichten und um ein Erschweren der Verdunstung handeln kann, das für die Bewohner im höchsten Grade lästig und nachtheilig wird.

Wasserläufe und schiffbare Kanäle sind selbstverständlich in dem projectirten Strassennetz genau zu verzeichnen. Bei letzteren ist auf breite Uferstrassen Rücksicht zu nehmen; ferner ist von vornherein auf hinreichende Höhendifferenz zwischen Wasserspiegel und Strassenoberfläche zu achten, damit Schiffe unter festen Brücken passiren können und nicht Zugbrücken nöthig werden, die den Verkehr aufs empfindlichste stören.

V. Oeffentliche Anlagen und Anpflanzungen.

Vielfach ist von hygienischer Seite die hohe Bedeutung freier Plätze und mit Bäumen oder Buschwerk bepflanzter Flächen innerhalb der Städte betont worden[1]); dabei ist allerdings die Art und

1) Küchenmeister, Können Parkanlagen u. s. w. Wien. allgem. med. Ztg. 1874. Nr. 1. — Clarke, Ueb. d. Nothwendigkeit d. öffentl. Parkanlagen. Boston med. a. surg. Journ. XCII. p. 369. — Merbach, Stadtluft u. die Vegetation. Jahrb. d. Ges. f. Nat.- u. Heilk. in Dresden. 1873—74. S. 56. — Heath, Freie Plätze in London. San. Rec. III. p. 214. — Bird, Ueber Baumpflanzungen in den Strassen. San. Rec. IX. p. 1, X. p. 130. — Fintelmann, Ueber Baumpflanzungen in den Städten. Viertelj. f. öffentl. Ges. X. S. 333. — Heath, Oeffentl. Garten-

Weise, durch welche solche Anlagen sanitären Nutzen haben, häufig nicht ganz richtig aufgefasst worden.

Der allgemeinste hygienisch wichtige Effect der freien Plätze ist jedenfalls der, dass sie Unterbrechungen des Häusermeeres darstellen, dass sie keinen Anlass zur Verunreinigung der Luft oder zur Beeinträchtigung der Luftbewegung geben und somit sanitär unbedingt günstigere Bedingungen liefern, als wenn auch diese freien Flächen bebaut und mit menschlichen Haushaltungen dicht besetzt wären. In diesem Sinne ist also jeder freie Platz als eine Wohlthat zu bezeichnen.

In den Bauplänen für eine Stadterweiterung sollten daher freie Plätze jedenfalls in reichlicher Menge vorgesehen sein. Am meisten giebt die Projectirung öffentlicher Gebäude gute Gelegenheit, eine grössere Fläche nicht mit Strassenzügen zu belegen, sondern als Platz für ein solches Gebäude aufzusparen und so reichlich zu bemessen, dass ein grösserer freier Raum übrig bleibt. Staatsgebäude aller Art, Gerichts- und Amtsgebäude, Kasernen, Postgebäude; ferner Kirchen, Schulen; Museen, Theater; Akademieen, Hospitäler; Markthallen, Schlachthäuser; Friedhöfe u. s. w. eignen sich zur Besetzung solcher öffentlicher Plätze. Für alle diese sollte der Bauplan zunächst in reichlicher Zahl und in reichlichem Maasse Vorsorge treffen, da es später keine Schwierigkeiten macht, einen zu viel aufgesparten Platz zur Bebauung zu verwenden, dagegen eine nachträgliche Anlage freier Plätze nur mit grössten Schwierigkeiten und Kosten zu bewerkstelligen ist.

Vom hygienischen Standpunkt aus sind nun aber nicht alle Plätze gleichwerthig; und zwar kommen namentlich zwei Momente in Betracht, die den hygienischen Werth eines Platzes erhöhen oder verringern können.

Zunächst ist es wünschenswerth, dass die freien Plätze mit Bäumen und Buschwerk versehen und eventuell dadurch zu Promenaden oder Spielplätzen umgewandelt werden. Unbepflanzte Plätze sind im Sommer unerträglich heiss, werden von Passanten möglichst gemieden und sind ausserdem, wenn sie mit lockerem Material gedeckt sind, eine ergiebige Staubquelle. Diese Nachtheile können durch eine zweckentsprechende Bepflanzung vollkommen aufgehoben werden.

---

anlagen. San. Rec. IX. p. 51. — Vernon, Ueber öffentl. Plätze u. Gärten. San. Rec. IX. p. 321. — Ebeling, Ueb. d. Bedeutung von Baumpflanzungen in den Städten. Verh. d. Ver. zu Magdeburg. VII. S. 58. — Meyer, Einfluss der Gasleitung auf die Vegetation. Berl. Jahrb. VI. — Heath, Nutzen von freien Plätzen und Bäumen in Städten. San. Rec. IV. p. 36, V. p. 308.

Noch wichtiger ist es in sanitärer Hinsicht, wenn die Bepflanzung so arrangirt wird, dass schattige Promenaden und Ruheplätze oder Spielplätze entstehen. Aldann bieten dieselben den Umwohnern Gelegenheit, mit wenig Aufwand an Zeit einzelne Tagesstunden im Freien zuzubringen und namentlich im Sommer sich von der Hitze der Arbeitsräume und Wohnungen zu erholen. Ein solcher zeitweiser Aufenthalt im Freien, der zugleich eine rasche Entwärmung des Körpers gestattet, wird äusserst bedeutungsvoll für Kinder in den ersten Lebensjahren während der Hochsommerperiode; für diese bildet die Möglichkeit zu längerem Verweilen im Freien eines der wichtigsten prophylaktischen und therapeutischen Mittel, um den mörderischen Krankheiten der Sommermonate zu entgehen. Wie auch für heranwachsende Kinder das Herumtummeln auf freien Plätzen segensreich wirkt und zur Vermeidung so mancher krankhafter Störungen beiträgt, bedarf keiner näheren Erörterung.

Mit diesen hochwichtigen sanitären Eigenschaften der öffentlichen Anlagen ist dann aber der Kreis ihrer Wirksamkeit auch ziemlich erschöpft. Vielfach hat man noch weiter gehen wollen und hat den Bäumen und Sträuchern eine wesentliche Verbesserung der Luft zugeschrieben, die darauf beruhen soll, dass dieselben die Kohlensäure absorbiren, Sauerstoff aushauchen, eine gleichmässigere Vertheilung der Feuchtigkeit bewirken, durch die stete Verdunstung von Wasser Ozon entwickeln u. s. w. Man hat daher jeden Baum als befähigt zum Reinigen der in bebauten Theilen verunreinigten Luft angesehen, und hat einen kleinen Complex von Bäumen gern als „Lunge der Stadt“ bezeichnet. Hier ist jedoch die Wirkung, die im Walde hervortritt, mit Unrecht auf den einzelnen Baum übertragen; man hat versäumt, die Processe der Luftverunreinigung durch einen grossen Complex von Wohnhäusern und der Luftreinigung durch einige Bäume quantitativ gegen einander abzuschätzen. Die Menge von Sauerstoff, welche ein Baum während der Belichtung producirt, beträgt nur wenige Cubikmeter im Tage; und diese können, auf die ganze Menge der passirenden Luft vertheilt, im besten Falle eine Veränderung im Sauerstoffgehalt bewirken, die noch weit unter 1/1000 Procent bleibt. Nicht also der vermeintlichen luftreinigenden Wirkung halber, sondern wegen der Ermöglichung eines Aufenthalts im Freien, und allenfalls noch wegen des wohlthuenden Eindrucks auf Auge und Gemüth, ist die Bepflanzung der öffentlichen Plätze zu wünschen.

Häufig ist man bestrebt, auch in Strassen einzelne Bäume und Baumreihen zu unterhalten. Diese leisten aber weitaus nicht dieselben sanitären Vortheile wie die Anpflanzungen auf Plätzen. Zu

Ruheplätzen und Spielplätzen bieten die Bäume in einer Strasse meist gar keine Gelegenheit, und so beschränkt sich ihr Nutzen auf den hübschen Eindruck und auf die gelegentliche Gewährung von Schatten für das verkehrende Publicum. Von einer luftreinigenden Wirkung kann hier erst recht nicht die Rede sein. Erwägt man andererseits, dass die Bäume in den Strassen sehr schwer fortkommen, leicht durch die Ausströmungen aus den Gasleitungsröhren, durch die Verbrennungsproducte der Heiz- und Beleuchtungsmaterialien, durch äussere Gewalt beschädigt und in ihrem Wachsthum gehemmt werden, dass sie ferner den Verkehr hindern und den Häusern Licht und Wärme nehmen, so ist es einleuchtend, dass eine Beibehaltung der Strassenbäume kaum wünschenswerth erscheinen kann. Dazu kommt aber noch, dass gewöhnlich gerade zum Zweck der Anpflanzung von Bäumen Strassen von ganz ausserordentlicher, durch keine sonstigen Rücksichten indicirter Breite projectirt werden; dadurch aber wird ein Terrain verschwendet, das in dieser Form keine entsprechenden sanitären Vortheile bietet, und welches viel besser angewandt sein würde, wenn es zu freien bepflanzten Plätzen aufgespart würde.

Noch in einer anderen Beziehung sind aber die öffentlichen Plätze nicht hygienisch gleichwerthig, nämlich je nachdem sie entweder vereinzelte grössere Flächen occupiren, oder von kleinerem Umfang sind, aber sich häufig wiederholen. Letzteres Verhältniss ist vom hygienischen Standpunkt aus das wünschenswerthere. Zahlreichste Anwohner erhalten dadurch in nächster Nähe ihrer Wohnungen einen Spiel- und Ruheplatz, und nur dann ist darauf zu rechnen, dass derselbe gern benutzt und täglich zu längerem Aufenthalt besucht wird. Seltene grössere Anlagen werden ebenfalls nur den nächsten Anwohnern zum Nutzen, während die entfernteren nur an einzelnen wenigen Tagen Zeit und Gelegenheit zum Besuch dieser Plätze finden. Grössere Parks oder kleine Wälder bieten zwar ausserordentliche Annehmlichkeiten für eine städtische Bevölkerung, aber der grössere hygienische Nutzen ist entschieden auf Seite der zahlreicheren, kleinen öffentlichen Anlagen.

Um möglichst früh auch neuen Stadttheilen den Genuss bepflanzter Plätze zu gewähren, ist es nöthig Baumcomplexe, die sich im Stadterweiterungsgebiet befinden, thunlichst zu schonen und zur Bildung öffentlicher Anlagen heranzuziehen. — Fertig gestellte Anlagen sind wo möglich mit einer Einfriedigung zu versehen und dem gewöhnlichen Verkehr zu entziehen. — Vortrefflich geeignet zu Spiel- und Ruheplätzen sind nicht mehr benutzte Kirchhöfe, deren Boden nach-

weislich niemals durch die Verwesungsprocesse derart verändert wird, dass daraus sanitäre Bedenken irgend welcher Art erwachsen könnten.

VI. Bebauung der Grundstücke.

Auch das einzelne im Bebauungsplan abgegrenzte Grundstück darf offenbar der Einzelne nicht nach seinem Belieben bebauen, da er durch mancherlei Constructionen die Gesundheit oder die Interessen seiner Miether oder Nachbarn schädigen könnte. Ausser der Einsturzgefahr kommen hier wesentlich noch Feuersgefahr, die Entziehung von Luft und Licht und die Verbreitung belästigender Gerüche oder inficirender Stoffe in Betracht; und aus diesem Gesichtspunkte ergeben sich einige ganz bestimmte Einschränkungen, welche die Ausnutzung des Bauterrains, das Einhalten der Bauflucht, den Abstand der Häuser vom Nachbarhause und von den Hintergebäuden, die Höhe der Häuser und die Massregeln zur Entfernung der Abfallstoffe betreffen.

Um eine zu starke Ausnutzung des Baugrunds und eine zu grosse Dichtigkeit der Bewohnung zu hindern, ist die Forderung zweckmässig, dass ein gewisser Bruchtheil des Grundstücks stets unbebaut gelassen werde. Dieser Bruchtheil darf nicht ein constantes Maass bilden (vgl. S. 21, § 27), sondern muss in Relation stehen zu der Grösse des Grundstücks; man könnte z. B. fordern, dass 20 % jedes Grundstücks unbebaut bleiben. Bei grösseren Flächen würde sogar eine noch geringere Ausnutzung gerathen erscheinen. — Ueber den Grad der Bebauung der alten und neuen Stadttheile sind statistische Erhebungen wünschenswerth, und zwar müssen dieselben den Inhalt folgender Flächen angeben: a = Gebäude; b = frei gebliebener Raum auf bebauten Grundstücken; c = unbebaute Grundstücke, Bauplätze; d = Strassen, Plätze u. s. w.; e = Wasserflächen. — b soll also $= \frac{a+b}{5}$ sein; ferner soll bei Bebauungsplänen $a + b + c$ etwa $= 2\,d$ sein (Baumeister).

Bezüglich der Einhaltung der Bauflucht ist zu unterscheiden zwischen Abweichungen hinter dieselbe und solchen vor dieselbe. Die letzteren verbieten sich aus Rücksichten des Verkehrs und werden durch gesetzliche Vorschriften meist auf ein sehr geringes Maass beschränkt, so dass die Hygiene keine weiteren Interessen geltend zu machen hat. Dagegen lässt das Gesetz (preuss. Ges. v. 2. Juli 1875, S. 11) ein Zurückweichen der Baulinie hinter die Strassenflucht um

höchstens 3 Meter zu, und eine Gemeinde kann die Einhaltung eines solchen Vorraums obligatorisch machen, sowie dessen Bebauung oder Benutzung zu gewerblichen Zwecken verbieten. Dadurch entstehen dann die bekannten kleinen Vorgärten, die zwar den Häusern und der Strasse ein gefälliges Aussehen geben können, aber vom hygienischen Standpunkt aus kaum Vortheile bieten, da sie zu klein sind und dem Geräusch und Verkehr der Strasse zu nahe, um zu erfrischendem Aufenthalt zu dienen. Nur bei weit beträchtlicherer Tiefe, 10—20 Meter, können sie den Anwohnern zum Nutzen gereichen; und es wäre zu wünschen, dass ein Bauen mit so grossen Vorräumen wenigstens in manchen peripherischen Stadttheilen, in Strassen mit geringem Verkehr und ohne bedeutenderen Handel, gestattet oder obligatorisch gemacht würde. Auf derartige Abweichungen der Baulinie von der Strassenflucht müsste bereits im Stadterweiterungsplan Rücksicht genommen werden.

Bezüglich der seitlichen Abstände der Häuser bieten die meisten Bauordnungen resp. gesetzlichen Vorschriften sehr abweichende und zum Theil sich widersprechende Bestimmungen; diese Verwirrung ist dadurch bedingt, dass die Interessen der Feuersicherheit, dann das Bestreben, den Seitentheilen des Gebäudes wenigstens nothdürftiges Licht zuzuführen, und ferner die viel weiter gehenden hygienischen Rücksichten auf Beschaffung von reichlich Luft und Licht dabei in Frage gekommen und zum Theil durch einander gemengt sind. — Man kann im Allgemeinen 3 Möglichkeiten unterscheiden: Entweder die geschlossene Bauweise; oder geringe seitliche Abstände, die der Feuersicherheit und der nothdürftigsten Lichtversorgung genügen; oder drittens die offene Bauweise oder das Pavillonsystem.

Die geschlossene Bauweise setzt Brandmauern, d.h. massive Mauern ohne Oeffnungen, voraus, und nutzt die gegebene Frontlänge am vollständigsten aus. Weichen die Nachbarhäuser aus einander, so bestimmen die feuerpolizeilichen Vorschriften zunächst, dass bei geringen Entfernungen ebenfalls noch eine trennende Brandmauer ohne Oeffnungen vorhanden sein muss; gewöhnlich wird als Minimum dieser Entfernung 5 Meter festgesetzt. Weiterhin kommen dann die Bestimmungen des Landrechts über Lichteinfall in Frage. Dieselben bestimmen einen nothwendigen Abstand von 3 Fuss (S. 10, § 139); da aber die Feuerpolizei schon einen Abstand von wenigstens 5 Meter für zwei mit Oeffnungen versehene Gebäude verlangt (S. 22, § 41), so setzt die Benutzung dieser Erlaubniss ebenfalls das Vorhandensein einer Brandmauer voraus. Von circa 5 Meter Abstand an dürfen nach den

jetzigen Bestimmungen beide benachbarte Wände Oeffnungen haben; jedoch kann es sich auch dann auf Grund hygienischer Principien vorläufig noch nicht um Fenster handeln, die Luft und Licht zu Wohnräumen zuzuführen bestimmt sind, sondern nur um Fenster von unbewohnten Räumen. Denn für die Fenster der an den Gebäudeseiten gelegenen Wohnungen muss die Hygiene annähernd dieselben weiten Abstände der Nachbarhäuser verlangen, wie für die Strassenfronten; das Maass des Abstandes wird abhängig sein müssen von der Höhe des Hauses und jedenfalls bedeutend grösser als die oben erwähnten 5 Meter.

Vom hygienischen Standpunkt aus erscheinen nun sehr geringe Abstände, die eine Brandmauer voraussetzen, am verwerflichsten. Es entstehen dadurch Winkel, welche gewöhnlich mit Abfallstoffen verschiedenster Art gefüllt werden, welche schwer zu reinigen sind und für Zufuhr der nothdürftigsten Mengen von Licht und Luft nicht genügen. Die betr. Bestimmung des preussischen Landrechts, welche mit 3 Fuss Abstand zufrieden ist, bedarf daher entschieden einer Aenderung. — Grössere Abstände, die zwischen 3 und 5 Meter liegen und dann eine Brandmauer voraussetzen, oder die über 5 Meter gross sind und dann an beiden Seiten Fenster gestatten, wirken günstig auf die Ausnutzung des Baugrundes und die Dichtigkeit der Bewohnung; ein gewisser Theil aller Grundstücke bleibt frei, die Luftverunreinigung wird nicht so hochgradig, die Zwischenräume gestatten eine freie Circulation und namentlich eine Luftzufuhr zu den Höfen und Hintergebäuden. Aber andererseits muss vorausgesetzt werden, dass die Fenster der Gebäudeseiten nicht die einzigen Oeffnungen dort gelegener Wohnräume sind; und so lange eine solche Anlage nicht durch strenge gesetzliche Bestimmungen verboten ist, erscheint auch der Bau mit mittleren Abständen als gefährlich. Der Gewinnst an Luftbewegung würde aufgehoben werden durch die schwere Beeinträchtigung der Licht- und Luftzufuhr für einen grossen Theil der Bewohner. — Werden die Abstände noch grösser und nähern sich der Forderung $h = b$, so ist eine solche offene Bauweise vom hygienischen Standpunkt aus unbedingt am meisten zu empfehlen; nächstdem erscheint die Bebauung mit Abständen von 5 Meter — jedoch nur mit der oben betonten Einschränkung bezüglich der Anlage von Wohnräumen an den Gebäudeseiten am wünschenswerthesten; dann aber ist eine geschlossene Bauweise unbedingt den noch geringfügigeren Abständen vorzuziehen.

Der nothwendige Abstand der Rückseite des Hauses von den dahinter liegenden Gebäuden hängt wesentlich davon ab, ob die

Fenster der Rückseite oder der benachbarten Wände zu Wohnräumen gehören. Sind solche Fenster vorhanden, welche Bewohnern ausschliesslich Luft und Licht gewähren, so sind dieselben Bestimmungen einzuhalten, die für die Strassen*fronten* gelten; der daraus resultirende Abstand wird nur deshalb in den meisten Fällen viel geringer als an der Strassenseite ausfallen, weil die Hintergebäude gewöhnlich eine weit geringere Höhe erreichen als die Frontgebäude. Sehr oft gehören aber die Fenster der Rückseite nur zu Wirthschaftsräumen oder zu temporär benutzten und bewohnten Gelassen; alsdann kann der Abstand erheblich geringer bemessen werden, falls auch die entgegenstehenden Fronten der Hintergebäude keine zu Wohnräumen führenden Fenster enthalten. So lange also keine eigentlichen Hofwohnungen und keine hohen Hintergebäude vorliegen, ist ein den hygienischen Grundsätzen entsprechendes Arrangement leicht ausführbar. Handelt es sich dagegen um die Construction von modernen Hintergebäuden, die auf zahlreichste Wohnungen berechnet sind, so sollte auf strengste Einhaltung der für die Strassenfronten geltenden Vorschriften gehalten werden. Freilich würden selbst unter dieser Einschränkung noch geschlossene Häusercomplexe entstehen können, die über eine weit geringere Ventilation verfügen, als die an den freien Strassen gebauten Häuser; und es liegt im hygienischen Interesse, auch diese Art von Hintergebäuden möglichst zu beschränken durch Zumessung *geringer Blocktiefen*. Bei einer mässigen Tiefe des Grundstücks würden hohe Hinterhäuser mit hygienisch ausreichenden Abständen überhaupt nicht ausführbar sein, und es müsste sich die Bebauung der hinteren Grundstücksflächen entweder auf unbewohnte Gebäude beschränken, oder aber die Haushöhen müssten niedrig werden — beides Ziele, die den hygienischen Interessen entsprechen.

Die *Frontabstände*, mit denen also die Abstände für bewohnte Hinterhäuser identisch sein sollten, sind bereits oben näher besprochen; sie fallen zusammen mit der Strassenbreite, hängen aufs innigste zusammen mit der Strassenrichtung und mit der *Höhe* der Gebäude und müssen durchweg wo möglich grösser sein, als früher in der fast allgemein acceptirten Formel $h = b$ angenommen wurde. — Die *Haushöhe* ist offenbar von grösstem Einfluss sowohl auf die Breite der Strassen, wie auf die Anlage von Hinterhäusern bei relativ geringer Tiefe des Grundstücks, und es fragt sich, ob es zweckmässig ist, auch bezüglich der Höhe der Gebäude besondere Vorschriften zu geben. Bis zu einem gewissen Grade würde allerdings schon durch die Aufnahme schärferer Bestimmungen über das Verhältniss

zwischen Haushöhe und Strassenbreite eine Beschränkung des Hochbaus eintreten. Nur in sehr breiten Strassen würden Häuser von besonderer Höhe vorkommen können. Gegen solche ist aber vom hygienischen Standpunkt der statistisch nachgewiesene schädliche Einfluss sehr hoch gelegener Wohnungen (z. B. auf die Häufigkeit der Todt- und Fehlgeburten) einzuwenden; und es erscheint daher zweckmässig, wenn eine besondere Beschränkung der Haushöhe oder der Zahl der Stockwerke in die gesetzlichen Bestimmungen aufgenommen wird. Als maximale Höhe empfiehlt es sich 20 Meter festzusetzen; als höchste Zahl der Stockwerke 5; auf die letztere Bestimmung wird man das Hauptgewicht legen müssen, weil sonst Spekulanten versuchen könnten, die beschränkte Haushöhe durch eine Vermehrung und Erniedrigung der Stockwerke zu corrigiren.

Mit Ausnahme dieser extremen Fälle wird eine gesetzliche Regelung der Haushöhe kaum angänglich sein. Freilich ist im Abschnitt „Wohnung" bereits darauf hingewiesen, welches Interesse die Hygiene daran hat, dass wo möglich statt der Stockwerkshäuser kleinere Familienhäuser nach Art der in England und Amerika gebräuchlichen eingeführt werden und Verbreitung gewinnen. Aber die Veranlassung zur Ausführung dieses hygienischen Ideals lässt sich nur auf indirectem Wege geben. Abgesehen von den Vorbildern, die durch Baugesellschaften geschaffen werden können und deren Fertigstellung durch möglichst liberale Bedingungen seitens der Gemeinde begünstigt werden sollte, ist namentlich eine Besserung erreichbar, wenn an strengeren Vorschriften über den nothwendigen Abstand der Gebäude festgehalten wird. Das niedrige Haus bietet dann geradezu gewisse schwerwiegende Vortheile, die am ehesten auf Bauspekulanten von Eindruck sind: es erfordert eine geringere Strassenbreite, ermöglicht also die Ausnutzung eines erheblich grösseren Bruchtheils des gesammten Bauterrains zu Bauzwecken; es bedarf eines relativ geringen Abstandes vom Nachbarhause, um auch an den Seiten Wohnräume und Fenster haben zu können, es ermöglicht die Aufführung von Hintergebäuden in ähnlichen Dimensionen selbst bei mässiger Blocktiefe. Je schärfer also namentlich für neu anzulegende peripherische Stadttheile die Vorschriften über den Abstand des Gebäudes nach allen Seiten hin gefasst und zur Geltung gebracht werden, um so eher darf man hoffen hier Quartiere entstehen zu sehen, die den englischen Mustern ähnlich sind, die den Bewohnern Sinn für Häuslichkeit und Familienleben einzuimpfen vermögen, und welche die denkbar besten hygienischen Verhältnisse bieten.

Von dem fertigen, und gemäss den im Vorhergehenden aufge-

stellten Principien construirten Hause kann schliesslich noch eine Schädigung der Nachbarn und Inwohner ausgehen durch mangelhafte Vorkehrungen zur Entfernung der Abfallstoffe. Der Anschluss an die Kanalisirung muss für jedes Grundstück bezüglich der Ableitung des Brauch- und Regenwassers obligatorisch sein, da für deren Entfernung schlechterdings kein anderer Weg existirt, der nicht zur Verunreinigung des Bodens und zur Benachtheiligung der Umwohner führt. Dagegen wird man meistens für die Entfernung der Excremente verschiedene Methoden zur Wahl stellen; aber in jedem Falle wird die Aufsichtsbehörde sich die Ueberzeugung verschaffen müssen, dass die Entfernung vollständig und ohne sanitäre Nachtheile erfolgt. Besteht eine Schwemmkanalisirung, so pflegt für neue Stadttheile der Anschluss an diese das billigste und deshalb meist gewählte Verfahren zu sein; und falls für die Abschwemmung möglichst vollständiger Anschluss aller Häuser günstig oder erforderlich ist, wird auch hier sogar zwangsweise verfahren werden müssen. — Bezüglich der Wasserversorgung wird man gern so weit als möglich den Grundbesitzern freie Hand lassen; aber der Umstand, dass die Güte des Wassers von den Aufsichtsbehörden scharf controlirt wird, und dass der Wasserspiegel des Grundwassers durch die Entwässerung und die Bewohnung immer mehr sinkt, pflegt in den meisten Fällen auch ohne Zwangsmittel den Anschluss an eine bestehende Wasserversorgung durch hergeleitetes Wasser zu bewirken, auch wenn die übrigen vortheilhaften Momente der letzteren, die Temperatur und Reinheit des Wassers, die Arbeitsersparniss, die Ermöglichung einer Schwemmkanalisirung u. s. w. ihre Wirkung versagen.

Die den hygienischen Anforderungen entsprechend hergestellten Stadttheile bedürfen eines verhältnissmässig sehr geringen Maasses von Fürsorge, um sie in integrem Zustande zu erhalten.[1]) Die Reinhaltung der Bodenoberfläche und der Luft geschieht am besten da-

1) Dexter, Staub und Krankheit. Publ. Health. III. S. 214. — Sonnenkalb, Der Strassenstaub in Leipzig. Leipzig 1861. — Verrine, Einfluss d. Gassenkoths und Staubs auf die Gesundheit. St. Quentin. 1880. — Lichtenstein, Zimmerstaub und Strassenstaub. Berl. klin. Wochenschr. XI. S. 45; Strassenhygiene. Berl. klin. Wochenschr. XI. S. 50. — Strassenreinigung in Hannover. Journ. f. Gasbeleucht. XXII. S. 258. — Houzeau, Gebrauch des Chlorcalciums zum Besprengen der Wege etc. C. R. LXXXII. S. 1507. — Chem. Centrlbl. 1876. S. 616. — Strassenreinigung in London. Niederrh. Corr.-Bl. V. S. 20. — Tidy, Ueber Strassenreinigung. San. Rec. IV. S. 227. — Welsh, Ueb. Strassenreinigung. Publ. H. III. S. 359.

durch, dass man den wesentlichsten Componenten der Verunreinigung, dem Staub und Russ, prophylaktisch zu begegnen sucht; bei vollständiger und guter Pflasterung wird nur wenig Staub producirt und ebenso lässt sich die Bildung von Kohlenruss grossentheils durch zweckmässige Heizeinrichtungen verhindern; in industriereichen Quartieren ist allerdings die Luft stets in hohem Grade verunreinigt, und es bleibt nichts übrig, als durch die Lage dieser Quartiere im Osten der Stadt wenigstens so viel als möglich die übrigen Stadttheile zu schützen. — Gegen den im Sommer unvermeidlichen Staub ist eine ausgiebige Besprengung der Strassen mit Wasser erforderlich. Diese setzt meistens das Vorhandensein einer Wasserleitung und zahlreicher Hydranten in den Strassen (in etwa 100 Meter Abstand) voraus. Alsdann genügt 1 Fuhrwerk, um 2—4 Kilom. Strassenlänge 1 bis 2 mal zu befeuchten, wozu etwa 25—35 C.-M. Wasser erforderlich sind; die Saison, während welcher tägliche Besprengung nöthig ist, umfasst etwa 120 Tage. — Ferner sind die Strassen täglich sorgfältig zu reinigen, durch Arbeiter oder durch Kehrmaschinen. Die Tagesleistung eines Arbeiters beim Strassenfegen rechnet man zu 3000 bis 4000 □Meter, die einer einspännigen Kehrmaschine zu 30 000 bis 40 000 □Meter. Die Ausgabe für die Strassenreinigung, wenn sie vorzugsweise durch Maschinen bewirkt wird, beträgt zwischen 0,3 und 0,7 Mark pro □Meter und Jahr.

Von der Wasserleitung aus ist ferner eine reichliche Spülung der Rinnsteine und eventuell der Kanäle zu unterhalten. Auf letztere ist besondere Aufmerksamkeit zu verwenden, jedes Stagniren ihres Inhalts und jede Verbreitung von Kanalgasen ist möglichst zu hindern. (Das Nähere s. im Capitel „Entfernung der Abfallstoffe“.)

Zur Beleuchtung der Strassen und eventuell zur Beheizung ganzer Stadttheile werden dieselben Materialien und Constructionen verwandt, die auch für Wohnräume oder Arbeitsräume in Frage kommen; ihre hygienischen Vortheile und Nachtheile sind daher schon im Abschnitt „Wohnung“ abgehandelt.

Die im Vorstehenden zusammengestellten Anforderungen der Hygiene an Städteanlagen und Stadterweiterungen erheben keineswegs den Anspruch auf stricte Erfüllung bei allen derartigen Anlagen und binnen kürzester Zeit. Sie sind vielmehr absichtlich nur in Umrissen gegeben und lassen häufig die exacte Formulirung in Zahlen vermissen; es sollten in diesem Capitel eben nur im Allgemeinen die berechtigten Wünsche der Hygiene zur Geltung gebracht, gleichsam

ein Ideal der Hygiene construirt werden, dem man sich in der Praxis bis zu einem gewissen Grade nähern kann, nicht aber eine fertige Schablone, die für alle derartige Anlagen passt. Genauere Angaben werden erst möglich sein, wenn praktische Versuche gemacht sind und ergeben haben, in wie weit namentlich verschiedene locale Verhältnisse die Aufstellung von Normen zulassen und in wie weit sie nothwendige Abweichungen bedingen.

Einige besonders wichtige Fragen, welche zum Bereich der Städteanlagen gehören, wie die Entfernung der Abfallstoffe, die Wasserversorgung u. s. w. finden ihre ausführlichere Erledigung in den folgenden Capiteln und wurden daher hier nur flüchtig gestreift; ebenso muss bezüglich der specielleren Anlagen, wie der Arbeiterquartiere u. s. w. auf die nächsten Abschnitte verwiesen werden.

DIE

ENTFERNUNG DER ABFALLSTOFFE

VON

Dr. FR. ERISMANN in MOSKAU.

I.

Einleitung; historischer Ueberblick.

Von Alters her sehen wir die Menschen im Kampfe mit ihren eigenen Auswurfstoffen begriffen und darauf bedacht, dieselben dem Auge und auch dem Geruchsinn zu entziehen. Als Haupttriebfedern dienten hierbei: erstens der dem Menschen angeborene, wenn auch oft sehr rudimentär entwickelte Reinlichkeitsinstinkt, und zweitens die Furcht vor Seuchen, deren Entstehung von jeher mit Verunreinigung der Luft oder des Wassers in Zusammenhang gebracht wurde. Es ist für den Hygieniker von Interesse zu wissen, mit welchen Mitteln zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Verhältnissen dieser Kampf geführt wurde.

Im Allgemeinen hielten die angewendeten Verfahren Schritt mit der jeweiligen Kulturentwicklung des gegebenen Volkes; im Einzelnen begegnen wir jedoch oft Abweichungen von dieser Regel, die sich dadurch erklären lassen, dass die Vorrichtungen zur Entfernung der Auswurfstoffe in engem Zusammenhange stehen mit der durch Lebensgewohnheiten oder politische Zustände veranlassten Bauart der Ortschaften, und dass die einmal bestehenden Verhältnisse nur mit grossen materiellen Opfern durch vollkommenere Einrichtungen ersetzt werden können.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass nomadisirenden Völkern durch die Abfallstoffe schwerlich Unannehmlichkeiten erwachsen: Anhäufungen grösserer Mengen dieser Stoffe auf beschränktem Gebiete finden beim Nomadenleben nicht statt, und die auf ausgedehnten Flächen zerstreuten Dejectionen erleiden unter dem Einfluss der Atmosphärilien und des Erdbodens bald derartige Veränderungen, dass sie zu keinerlei Uebelständen Veranlassung geben.[1])

---

1) Die wohlthätige Wirkung der natürlichen Factoren (Sonne, Wind, Regen u. dgl.) auf die Abfallstoffe kann unter den Verhältnissen des Nomadenlebens noch durch einfache Mittel (Bedecken der Dejectionen mit Erde, Vernichtung brennbarer Abfallstoffe durch Feuer) unterstützt werden. Die mosaische Gesetzgebung enthielt hierüber Vorschriften, die leider in späterer Zeit allzusehr in Vergessenheit gerathen sind. (Siehe hierüber Dr. Ehrle „Geschichte der Gesundheitspflege im Alterthum“ in Deutsche Vrtljhrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. X. S. 218.)

In ähnlicher, wenn auch weniger günstiger Lage befinden sich solche ständige Ansiedelungen, bei denen die einzelnen Wohnungen zerstreut liegen, wie dies bei der Bauart der Dörfer der Fall ist. Hier bestehen und bestanden von jeher in Bezug auf Ansammlung der Abfallstoffe die allerprimitivsten Einrichtungen, ohne dass das ästhetische Gefühl der Landbevölkerung dadurch beleidigt worden wäre. Da ausserdem die Beseitigung dieser Stoffe den Dorfbewohnern keinerlei Verlegenheiten bereitet, da dieselben unmittelbar zum Düngen von Acker- und Wiesenland verwendet werden, so ist es begreiflich, dass die Frage nach einer besseren Methode der Ansammlung und Abfuhr des Unrathes in den Dörfern bis jetzt weder von den Betheiligten selbst erhoben, noch auch von den Vertretern der Gesundheitslehre besonders betont worden ist.

Mit viel grösseren Schwierigkeiten als für die zerstreuten Ansiedelungen war eine zweckmässige Beseitigungsart der Excremente und anderer Abfallstoffe von jeher für die Städte verknüpft, — erstens, weil sich hier auf relativ kleinem Gebiete grosse Mengen von Unrath anhäuften und zweitens, weil die Stadtbevölkerung keine directe Verwendung für denselben finden konnte. Da in Folge dessen die Abfuhr der Fäcalien und anderer Abfälle mit Kosten verbunden war, welche die Städter nicht gerne trugen, so ist begreiflich, dass es nach und nach zu bedenklichen Ansammlungen von Unrath in den Städten selbst kam. Die hierdurch erzeugten Uebelstände wurden natürlich um so grösser, je gedrängter die Häuser standen, je kleiner die Höfe, je enger die Strassen waren und je dichter die Bevölkerung lebte.

Wenn wir nun die historische Entwicklung der Frage über die Beseitigung der städtischen Abfallstoffe überblicken, so tritt uns in erster Linie die Thatsache entgegen, dass in vielen Städten des Alterthums diesem Gegenstand grosse Aufmerksamkeit zu Theil wurde, und dass hier dasselbe System der Städtereinigung, wenn auch in unvollkommener Ausführung, zur Anwendung kam, welches auch gegenwärtig vielfach für das beste gehalten wird, — die Entfernung der Fäcalien und Schmutzwässer durch unterirdische Kanäle mit Wasserspülung. Nach den Berichten Layard's hatten die Strassen der Stadt Babylon Schwemmsiele von sehr grossen Dimensionen, und zwar standen dieselben mit den Häusern durch Seitenkanäle in Verbindung.[1]) In den egyptischen Städten existirten ähnliche Kanäle, und die Egypter verwendeten ihre Gefangenen zur Reinigung derselben. Grosse Berühmtheit hat die sog. Cloaca maxima in Rom erlangt, welche, 600 Jahre v. Chr. von Tarquinius dem Aelteren erbaut, ursprünglich allerdings nur zur Entsumpfung des Forums bestimmt war, später jedoch dazu benutzt wurde, die ihr durch zahlreiche Nebenkanäle zuströmenden Auswurfstoffe aus den Häusern der Tiber zuzuführen. Die Kloake hatte eine Höhe von 5 Meter und eine Breite von über 4 Meter, war aber vermuthlich mangelhaft angelegt (ungenügendes Gefälle und schwache Spülung), denn 400 Jahre nach ihrer Herstellung mussten 1000 Talente (beinahe 5 Mill. Mark) für ihre Reinigung verausgabt werden.[2]) Ausser Rom selbst, wurden auch zahlreiche andere von

1) Fonssagrives, Hygiène et assainissement des villes. p. 223.

2) Bürkli, Ueber Anlage städtischer Abzugskanäle und Behandlung der Abfallstoffe aus Städten. S. 1. 1866.

den Römern erbaute Städte mit Abzugskanälen versehen; leider aber geriethen alle diese Anlagen nach dem Untergange des Römerreiches allmählich in Zerfall, da die „Barbaren“ ihre Bedeutung nicht zu würdigen wussten und auf ihren Unterhalt in keiner Weise bedacht waren.

Das Mittelalter hatte überhaupt wenig Sinn für Reinlichkeit und begnügte sich mit den allerunvollkommensten Einrichtungen: die Städtebewohner liessen ihre Excremente theils in den Boden unter und neben ihren Häusern versinken, theils benutzten sie zur Beseitigung des Unrathes die Stadtgräben und alle zugänglichen Wasserläufe; hie und da wurden die Gräben überwölbt und sogar mit Häuserreihen überbaut. Auf diese Weise gelang es allerdings, die missliebigen Stoffe ohne Kosten dem Anblicke zu entziehen, aber der Untergrund der Städte wurde dadurch in eine grosse Abtrittsgrube verwandelt und die Stadtgräben und Kanäle nahmen den Charakter von Kloaken der schlimmsten Art an: ohne jegliches System angelegt, mit meist durchlässigem Boden und ebensolchen Wandungen, ohne hinreichendes Gefälle, oft ohne Spülung (mit Ausnahme derjenigen, welche von Zeit zu Zeit durch heftigere Regengüsse bewirkt wurde), gaben sie Veranlassung zu den scheusslichsten, jeglicher Anforderung an Reinlichkeit spottenden Zuständen, deren Beseitigung eine der wichtigsten, aber auch schwierigsten Aufgaben der Gegenwart bildet. Allerdings scheinen schon im 14. und 15. Jahrhundert manche Stadtbehörden in Deutschland die Ansammlung von Auswurfstoffen in unmittelbarer Nähe menschlicher Wohnungen als verwerflich erkannt zu haben. Wenigstens datiren aus dieser Zeit zahlreiche Polizeiverordnungen, welche den Bürgern verboten Harn oder andere unsaubere Dinge auf die Strassen zu giessen.[1]) Doch konnten solche Bestrebungen bei den, einer systematischen Reinhaltung äusserst ungünstigen baulichen Verhältnissen der Städte auf keinen besonderen Erfolg rechnen und blieben denn auch im Allgemeinen resultatlos. Den besten Beweis hierfür liefern die noch gegen-

1) In Nürnberg wurden bereits im 14. Jahrh. „die heimlichen Gemächer bei Nacht durch Arbeiter, Pappenheimer genannt, geräumt“ und der Unflath in die Pegnitz geführt. — In Augsburg wurden im Jahre 1387 die inneren Stadtgräben tiefer gelegt, und sahen sich 1408 die Gemeindebevollmächtigten veranlasst, den grössten Theil dieser Kanäle von den angehäuften Küchenabfällen und sonstigem Unrathe mit einem Kostenaufwande von 300 Goldgulden reinigen zu lassen. — Das Passauer Statut vom Jahre 1535 bestimmte, nach der alten Reimchronik, u. A. Folgendes:

„Holz oder Unflath vor den Thüren
Ist binnen drei Tagen wegzuführen ....
So wie auch mit dem Schweinehalten
Soll geschehen wie vor Alten,
Damit Niemand keinen Unflath
Vor seiner Thür oder auf der Gasse hat.
Unsauberes aus den Häusern giessen
Wird man auch mit Strafe büssen“ u. s. w.

Aehnliches verordnete im Jahre 1370 eine Polizeiverordnung für die Stadt München (Lammert, Zur Geschichte des bürgerlichen Lebens und der öffentlichen Gesundheitspflege u. s. w. S. 13. 1880).

wärtig bestehenden Zustände, deren wenig erbaulichen Schilderungen wir überall begegnen, wo unter dem Einflusse der neuen Aera, in welche die öffentliche Gesundheitspflege im Laufe der letzten Decennien getreten ist, die bestehenden Einrichtungen für Beseitigung der Auswurfstoffe einer eingehenden Kritik unterzogen werden. Unter den deutschen Städten erinnere man sich z. B. an das seine Kanalisation erst jetzt zu Ende führende Berlin, mit seinen primitiven Abtrittverhältnissen, seinen berüchtigten Strassenrinnsteinen, die ihren stinkenden Inhalt in trägem Laufe den unterirdischen Kanälen zuwälzten, in welche, nach dem Ausdruck Hobrecht's[1]), Alles eingeleitet wurde, dessen man sich für den Augenblick entledigen wollte.

Nicht besser sah es, nach der Schilderung Varrentrapp's[2]), in Frankfurt a. M. aus, wo das Haus- und Küchenwasser, vermischt mit dem Strassenkoth, in den neben den Fusssteigen angebrachten Rinnen dahinlief, bis es endlich eine Senkgrube oder einen Kanal traf, in welchen es sich ergiessen konnte. Der Grubeninhalt war von den schlecht gemauerten, in mangelhafter Form und Grösse hergestellten Strassenkanälen gesetzlich ausgeschlossen, gelangte aber doch theilweise in dieselben, so dass manche Kanäle, in Folge schlechter Spülung, fast bis zum Scheitel gefüllt waren mit dicker, schwärzlicher, stinkender Masse. — Die Verhältnisse in Danzig, vor Ausführung des gegenwärtigen Kanalisationssystems, beschreibt Tiede[3]) folgendermaassen: „Senkgrube neben Senkgrube unter Häusern und Strassen, theils in Folge Belagerungsnoth entstanden, theils in Folge angeerbter Unreinlichkeit Jahrzehnte lang ungereinigt geblieben; sogenannte Trummen, die sich in den Strassen den Häusern entlang zogen, und in welche die ärmeren Bewohner der geringeren Stadttheile, ungeachtet aller polizeilichen Verbote, oft am hellen Tage ungenirt die Nachtgeschirre entleerten . . .“. Man nehme dazu noch die furchtbare Verunreinigung der die Stadt durchziehenden Mottlauarme, und man hat das kaum beneidenswerthe Bild, welches Danzig noch vor wenig Jahren gewährte. — Von Freiburg im Breisgau lesen wir, dass sich daselbst neben einer grösseren Anzahl theilweise mangelhaft cementirter Abtrittsgruben und einigen wenigen Tonnen in öffentlichen Gebäuden, noch etwa 1000 Kloakengruben (Versitzgruben) von altem Schrot und Korn vorfinden; die ältesten derselben sind gewölbeartige Gruben von flacher oder zuckerhutförmiger Gestalt, haben eine Tiefe von 30 bis 40 Fuss und bis zu 20 Fuss Durchmesser. Nur wenige liegen von den Häusern abgerückt; manche durchsetzen sogar die Grundmauer oder stehen geradezu im Keller des Hauses. Ihre Bauart zielte in bestimmter Absicht auf Durchlässigkeit ihrer Wände ab. Unter der chemischen Einwirkung des durchsickernden Kloakeninhaltes ist das umgebende Erdreich bis auf 10—15 Fuss Entfernung von der Grube ringsum in eine speckige, schwarze Masse umgewandelt, die an der Luft starken Gestank verbreitet. Ausser den Kloakengruben besitzen die mei-

1) Hobrecht, Deutsche Vrtljhrsschr. f. öff. Gesundheitspflege. I. S. 225.

2) Varrentrapp, Ueber Entwässerung der Städte. S. 6. 1868. — Siehe auch Oven „Darstellung der alten Kanalisation Frankfurts“ in der Vrtljhrschr. f. öff. Gesundheitspflege. II. S. 506.

3) Tiede, Schwemmkanalisation und Berieselungssystem oder pneumatische Kanalisation und Düngerfabriken. S. 2. 1874.

sten Häuser Freiburgs sogenannte Senkgruben, die nicht selten 50 Fuss tief sind und ursprünglich nur zur Aufnahme von Meteor- und Brunnenwasser bestimmt waren, grossentheils aber dieser Bestimmung nicht treu geblieben sind und gegenwärtig durch Putz-, Wasch- und Küchenwasser, gewerbliches Abwasser, Jauche und flüssige Excremente vielfach verunreireinigt werden.[1]) — Die Abtrittgruben Kölns sind Schachte (Thürme genannt), bis zu 12 Meter Tiefe, welche zugemauert werden, sobald sie gefüllt sind.[2]) — Versitzgruben von enormer Grösse existiren nach Göttisheim auch in Basel. — Zürich konnte sich vor Ausführung des gegenwärtigen Kübelsystems der scheusslichen „Ehegräben" rühmen, welche den engen Raum zwischen Nachbarhäusern einnahmen und als Unrathbehälter dienten. — Die Excremente und Schmutzwässer Königsbergs, soweit sie nicht in den Untergrund der Stadt versinken, gelangen theils direct durch Rinnsteine und Trummen, theils durch Vermittlung des im Centrum der Stadt gelegenen Schlossteiches, dessen Wasser sie verpesten, schliesslich in den Pregel.[3]) Solche und ähnliche Zustände existiren auch gegenwärtig noch, mit wenigen Ausnahmen, in allen deutschen Städten.

Die niedrig gelegenen holländischen Städte Amsterdam, Dordrecht u. s. w., lassen den Abtrittgrubeninhalt einfach in die sogenannten Grachten (Wasserkanäle) überlaufen; nur in den von den Grachten entfernteren Strassen befinden sich Gruben, deren Inhalt ausgepumpt wird. Uebrigens werden auch aus vielen Häusern Abtrittskübel direct in die Grachten entleert, und ist daher das Wasser der letzteren an manchen Stellen durch schwimmende Fäcalien, Küchenabfälle und sonstigen Unrath verunreinigt.[4])

Die italienischen Städte haben nach Uffelmann[5]) theils alte, den Römerzeiten entstammende, theils aber völlig neue Siele für das Regen- und Hauswasser; meist strömt die Sielflüssigkeit den nächstgelegenen Wasserläufen oder dem Meere zu (Genua, Livorno); nur in Mailand und Turin wird sie theilweise zur Berieselung von Kulturland verwendet. Die Excremente gelangen aus den Aborten grösstentheils in Latrinen und grosse unterirdische Cisternen, welche hie und da sich bis unter die Strasse erstrecken (Florenz). Wo Wasserklosets im Gebrauche sind (Genua, Rom), können die Excremente von städtischen Sielen nicht mehr völlig fern gehalten werden. An mehreren Orten, wie z. B. in Neapel, hat der Zustand der alten Siele und die übliche Abfuhrweise der Excremente zu den gravirendsten Uebelständen Veranlassung gegeben.

Die österreichischen Städte besassen im Mittelalter ähnliche

---

1) Kast, Reinigung und Entwässerung in Freiburg im Breisgau. 1876.

2) Salviati, Roeder u. Eichhorn, Die Abfuhr und Verwerthung der Dungstoffe. 1865.

3) Wiebe, Genereller Entwurf eines Kanalisationssystems zur Reinigung u. Entwässerung Königsbergs. 1880.

4) Bericht der Münchener Commission über die Besichtigung der Kanalisations- und Berieselungsanlagen in Frankfurt a. M., Berlin, Danzig, Breslau u. s. w. (Beilage VII z. III. Ber., S. 6. 1879).

5) „Die öffentliche Gesundheitspflege in Italien." Deutsche Vjschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. XI. S. 361.

Einrichtungen zur Beseitigung des Unrathes wie die deutschen[1]): in den Höfen befanden sich Senkgruben, welche die Excremente und Schmutzwässer des ganzen Hauses aufnahmen; ausserdem waren Strassenrinnsteine vorhanden. In Prag existirten einzelne Siele schon im 14. und 15. Jahrh.; im 17. Jahrh. wurden mehrere gewölbte Abzugskanäle gebaut, deren einer dazu bestimmt war, die sämmtlichen Abwässer und Dejecte des Klementinums mit Hilfe von Wasserspülung in die Moldau abzuführen. Frühe schon wurden in den meisten österreichischen Städten, in Folge von Polizeiverordnungen und Bauordnungen, die Rinnsteine und Gossen in gedeckte Kanäle verwandelt; im Jahre 1864 wurden sogar in Böhmen durch Bauordnung die Senkgruben aufgehoben und die Einleitung der Fäcalien und Abwässer in die Kanäle angeordnet, welche ihren Inhalt schliesslich den Flüssen übergeben; doch wurden hierdurch bei der ungenügenden, systemlosen Anlage der Kanäle die Zustände kaum gebessert.

Eine grosse Zahl französischer Städte besitzt, neben gemauerten, aber trotzdem mehr oder weniger durchlässigen Abtrittgruben, schon seit alter Zeit ein unvollständiges System unzweckmässig gebauter Siele, die sich meist durch gewaltige Dimensionen (Paris, Lyon, Marseille), unzureichendes Gefälle und mangelhafte Spülung auszeichnen und in Folge dessen von jeher zu beständiger Stagnation des Inhaltes, Verpestung der Strassenluft und überhaupt zu unliebsamen Zuständen aller Art Veranlassung gaben.[2]) Interessant und lehrreich ist der Kampf, welchen die Stadt Paris seit Jahrzehnten mit ihren Unrathsmassen führt. Das leitende Princip, für welches sich seiner Zeit auch Napoleon III. und sein Seinepräfect Hausmann lebhaft interessirten, bestand in Folgendem: vollständige Trennung des Haus- und Strassenwassers von den Fäcalien, Ableitung der als unschädlich betrachteten Schmutzwässer in die Seine, und Nutzbarmachung der Fäcalien für die Landwirthschaft. Bis zum Ende des 14. Jahrh. strömten die gesammten Abfallstoffe und Dejectionen der Pariser Bevölkerung in offenen Gräben noch innerhalb der Stadt der Seine zu; am Ende des 18. Jahrh. hatte Paris nur 16 Kilometer gedeckter Strassenkanäle, im Jahre 1854 schon 142 Kilometer. Vom Jahre 1856 an begann, behufs Entlastung des Seinelaufes innerhalb der Stadt, unter Leitung Belgrand's, der Bau der grossen Sammelkanäle (Collectoren), in Verbindung mit einem planmässig angelegten Sielsysteme, welches übrigens auch gegenwärtig noch nicht vollendet ist.[3]) Die Abtrittgruben wurden in Paris erst nach Mitte des 16. Jahrh. in Folge einer Parlamentsverordnung eingeführt; aber die Gruben waren meist nicht wasserdicht, Boden und Brunnen wurden stark inficirt. Sowohl die Bauart der Gruben, als auch die Art der Entleerung derselben, waren Gegenstand zahlreicher Polizeiverordnungen, deren Zahl und Inhalt einen leb-

1) Kaftan, Die systematische Reinigung und Entwässerung der Städte. 1880.

2) Fonssagrives a. a. O. S. 228.

3) Im Jahre 1879 betrug die Totallänge der Pariser Siele 620 Km., und da die Gesammtlänge der Strassen 1040 Km. ausmacht, so sind noch 420 Km. Siele zu bauen; ausserdem ist das System der Collectoren zu vervollständigen. Die hierzu nöthige Ausgabe ist auf 44 Millionen Frs. veranschlagt (Note du directeur des travaux de Paris sur la situation du service des eaux et égouts etc. p. 50. 1879).

haften Beweis für die Verlegenheit liefern, in welcher man sich in Bezug auf Ansammlung, Beseitigung und Verwerthung der Abfallstoffe befand. Mit Zunahme des Wasserverbrauches in den Häusern wuchs die Verlegenheit; die in grösster Nähe bewohnter Stadttheile gelegenen Ablagerungsdepots für Fäcalien (namentlich die „voirie“ von Montfaucon) wurden durch Luftverpestung unerträglich; man suchte die Nutzbarmachung der Fäcalien durch Poudrettebereitung (Fabrik zu Bondy) zu verwirklichen, versuchte verschiedene Systeme von Abtrittgruben und Tonnen, mit und ohne Trennung der festen Fäcalbestandtheile von den flüssigen, trachtete danach möglichst wenig werthvolle Dungstoffe zu verlieren, musste sich aber schliesslich davon überzeugen, dass es unmöglich sei, die Reinheit des obengenannten Principes zu bewahren, und gestattete im Jahre 1867 definitiv den directen Abfluss des flüssigen Inhaltes der mit Trennungsvorrichtungen versehenen Gruben und Tonnen in die Siele, nachdem derselbe in früheren Jahren zeitweilig gestattet, bald darauf aber wieder verboten worden war[1]). Die Verschlammung des Seinebettes und die Verunreinigung des Flusswassers durch den Kanalinhalt hatten aber mittlerweile solche Dimensionen angenommen, dass die Stadt Paris sich genöthigt sah, energische Maassregeln zur Entlastung der Seine zu ergreifen und ernsthafter an die Verwendung des Kloakenwassers zur Berieselung zu denken, womit denn auch im Jahre 1866 begonnen wurde.

Auch die englischen Städte besassen noch im Anfange dieses Jahrhunderts durchgehends Abtrittgruben mit mehr oder weniger durchlässigen Wandungen und ausserdem Abzugskanäle für das Regen- und Küchenwasser, wobei die Einleitung der Abtrittjauche in diese Kanäle untersagt war. Infiltration des Bodens mit Fäulnissstoffen, sowie Verpestung der Luft in Häusern und Strassen, blieben hierbei natürlich ebensowenig aus, wie in den Städten des Kontinents. Aber der entwickelte Reinlichkeitssinn der Engländer empörte sich im Laufe der letzten Dezennien lebhaft gegen die von den Vorfahren ererbten Zustände und das Kloset mit Wasserspülung verdrängte vielerorts die früheren Aborteinrichtungen. Allerdings wurde hierdurch anfänglich die Bodeninfiltration vermehrt, da man dem Ueberflusswasser der mit Wasserklosets versehenen Abtritte den Eintritt in die mangelhaften Strassenkanäle nicht verwehren konnte. Doch schon im Laufe der 40er Jahre wurden zur Untersuchung der hierdurch geschaffenen Zustände besondere Kommissionen ernannt, deren Berichte an das Parlament im Jahre 1848 zum Erlass der sog. „Act for promoting the public health“ (Gesetz zur Beförderung der öffentlichen Gesundheit) und zur Ernennung des „General board of health“ (Centralgesundheitsamt) führten, — einer Behörde, welche mit allen Attributen einer eingreifenden administrativen Oberinstanz ausgestattet wurde. Durch den „Gesundheitsakt“ wurde die Ernennung der Ortsgesundheitsämter verordnet, denen u. A. die Unterhaltung und Ueberwachung der Entwässerungs- und Schwemmkanäle, der Einrichtungen für Beseitigung aller Abfalls- und

1) Die Details über das in Paris eingerichtete Abfuhrsystem findet man u. A. in folgenden Werken: Bürkli, Ueber Anlage städtischer Abzugskanäle. S. 6—25. — Kaftan a. a. O. S. 70—74. — Note du directeur des traveaux au ministère de l'intérieur. Les eaux et égouts de Paris. 1880.

Schmutzstoffe, die obligatorische Einrichtung der Wasserklosets in öffentlichen und Privatgebäuden u. dgl. übertragen wurde. Bis zum Jahre 1870 war das Gesetz in den meisten Städten und in vielen halbländlichen Ortschaften, im Ganzen in 700 Orten, eingeführt.[1]) Der wichtigste der vom Centralgesundheitsamte erstatteten Berichte ist unstreitig die „Instruction über die Ableitung des Abwassers aus Wohnungen und öffentlichen Gebäuden, über die Anlage von Abzugskanälen und die Reinigung von Städten“ vom Juli 1852. Nach dem Ausdrucke Bürkli's[2]) wurden in dieser Schrift den Lokalbehörden die Anleitungen zur vortheilhaftesten Anlage der Abzugskanäle gegeben, dabei gänzlich mit den bis zu jener Zeit verfolgten Grundsätzen gebrochen und dem grösseren Theile der Techniker der Fehdehandschuh hingeworfen. Die leitenden Grundgedanken derselben gipfelten in der Erkenntniss: dass die bisherige Uebung, durchgehends Kanäle aus Stein oder Backstein zu bauen, die gross genug angelegt sind, damit Arbeiter hineinsteigen und die Ablagerungen von Hand beseitigen können, falsch sei, weil gerade hierdurch Anlass zur Absetzung der im Wasser suspendirten Stoffe gegeben werde; dass solche Kanäle, wegen der grossen Kosten ihrer Erbauung und ihres Unterhaltes, sowie auch wegen der fruchtlosen Versuche, sie frei von Ablagerungen zu erhalten, eine Verschwendung seien; dass nach den vorliegenden Erfahrungen Röhrenkanäle aus den Häusern und Strassenkanäle von passendem Profil, Gefälle und Material keine Ablagerungen entstehen lassen, keinen Geruch verbreiten und keine ausserordentliche Wasserzuleitung verlangen, um rein gehalten zu werden; dass bei einem passenden Systeme von vereinigter Wasserversorgung und Wasserableitung kein Unrath weder in den Haus- noch in den Strassensielen so lange zurückgehalten werde, um in Fäulniss überzugehen; dass es im Interesse der Sparsamkeit sowohl, als der Gesundheit der Einwohner wichtig sei, die Fortschwemmung des Unrathes in Wasser durch vereinigte Wasserversorgung und Abzugskanäle in allen Häusern, namentlich aber in den von der ärmsten Klasse bewohnten, einzuführen.

In der That haben diese Grundsätze wesentlich zu der im Laufe der letzten drei Dezennien erfolgten, äusserst wohlthätigen Revolution in der Technik der Städtereinigung beigetragen und liegen all' den grossartigen Werken zu Grunde, die im sanitären Interesse in neuerer Zeit in englischen und auch in einigen deutschen Städten ausgeführt worden sind. Aber das Centralgesundheitsamt ging noch weiter: es machte in einer anderen Schrift, die ebenfalls im Jahre 1852 erschien, darauf aufmerksam, dass durch Einführung der Wasserklosets und des Schwemmsystemes mit direkter Einleitung des Kloakeninhaltes in die Wasserläufe die letzteren nothwendigerweise sehr verunreinigt werden müssten, dass dagegen durch Vertheilung des Kanalwassers auf die Felder dasselbe eine äusserst nützliche Verwendung finden könnte.

Hiermit war in grossen Umrissen das Princip der Städtereinigung ausgesprochen, welches seit jener Zeit so vielfach praktische Anwendung

---

1) Finkelnburg, Die öffentliche Gesundheitspflege Englands. S. 18—25. 1874.
2) Bürkli, a. a. O. S. 34.

gefunden hat und an welchem auch die Gegenwart, trotz mancher Vervollkommnungen im Einzelnen, wesentlich nichts geändert hat.

Auf Grund der Gesundheitsakte vom Jahre 1848, und unter dem Einflusse der Veröffentlichungen des Centralgesundheitsamtes, entstand im Laufe der 50er Jahre in England ein reges Leben im Gebiete der Städtereinigung, verbunden mit einem heftigen Kampfe von Seite der Vertreter verschiedener Systeme; und obgleich dieser Kampf nicht immer mit der nöthigen Ruhe und Objectivität, sondern oft mit Erbitterung und Leidenschaft geführt wurde, so diente er doch dazu, die Ansichten allmählich zu klären, die Vorzüge und Nachtheile der verschiedenen Systeme ans Licht zu bringen, zahlreiche praktische Versuche ins Leben zu rufen und auf diese Weise ein schätzbares Material zu schaffen, das bei Ausführung neuer Anlagen weitgehende Berücksichtigung verdient. Noch gegenwärtig trifft man in England zahlreiche Methoden der Beseitigung und Verwendung der Abfallstoffe, und eine allgemeine Uebereinstimmung in der Beurtheilung derselben ist noch nicht zu Stande gekommen; aber überall herrscht das Bestreben, endgültig mit den früheren Zuständen zu brechen. Eine hervorragende Verbreitung hat im Laufe der letzten dreissig Jahre die Schwemmkanalisation mit Verwendung des Sielwassers zur Berieselung von Culturland erlangt.

Wir können diesen historischen Ueberblick nicht abschliessen, ohne uns noch einmal Deutschland zuzuwenden, wo sich im Laufe der Zeit eine sehr energische und fruchtbare Bewegung zu Gunsten der Beseitigung althergebrachter Uebelstände geltend gemacht hat. Die zunächst interessirten Stadtbehörden lassen durch ihre Techniker und Aerzte die in anderen Ländern bestehenden Einrichtungen studiren; die Lösung vieler Detailfragen wird auf dem Wege des Experimentes angestrebt; in technischen und ärztlichen Kreisen wird die Frage der Städtereinigung vielfach ventilirt; und wenn es auch hierbei nicht immer ohne gegenseitige Gereiztheit abgeht, wenn auch einseitige Parteistellung oft der Sache vorübergehend Eintrag thut und eine klare Objectivität nicht immer zur Geltung kommen lässt, so kann doch nicht geleugnet werden, dass wir uns im Ganzen auf dem richtigen Wege befinden, der uns dazu führen wird, unter Anerkennung gewisser, feststehender Principien, in jedem einzelnen Falle das den Lokalverhältnissen am meisten Entsprechende zu finden.

Leider ist auch gegenwärtig noch die Mehrzahl der deutschen Städte nicht über das alte System der mehr oder weniger durchlässigen Abtrittgruben und der technisch schlecht ausgeführten Abzugskanäle herausgekommen; einzelne Städte (München, Stuttgart, Strassburg) besitzen möglichst dichte Abtrittgruben und Vorrichtungen zu „geruchloser“ Leerung derselben; wieder andere (Augsburg, Heidelberg) haben das Tonnensystem, und zwar ohne Trennung der festen Fäcalien von den flüssigen, eingeführt; endlich sind einige Städte (Hamburg, Danzig, Frankfurt a. M., Berlin, Breslau) vollständig oder theilweise mit einem Schwemmkanalisationssystem nach englischen Principien versehen, und für weitere Städte (München, Königsberg) sind schon die Projecte zur Herstellung eines einheitlichen Kanalsystemes ausgearbeitet.

Die erste regelrecht kanalisirte Stadt Deutschlands war Hamburg,

dessen gegenwärtiges Entwässerungssystem in der Mitte der 50er Jahre nach dem grossen Brande ausgeführt worden ist. — Sehr lange wurde in Berlin das Project der Kanalisation deliberirt: im Jahre 1861 ward von der preussischen Regierung eine unter Leitung Wiebe's stehende Kommission nach Hamburg, Paris und England geschickt mit der Aufgabe, vornehmlich die Schwemmkanalisation gründlich zu studiren. Nach seiner Rückkehr wurde Wiebe mit der Ausarbeitung eines Projectes für die Reinigung und Entwässerung Berlins betraut. Im Jahre 1867 setzte der Magistrat eine Kommission ein, welche das Wiebe'sche Project prüfen und bestimmte Vorschläge in dieser Angelegenheit machen sollte. Nachdem diese Kommission eine Reihe grosser und werthvoller Arbeiten unternommen hatte (Studium der Bodenverhältnisse, Berieselungsversuche, Untersuchungen über die Wirkung verschiedener Desinfectionsmittel u. s. w.), wurden sodann vom Baurathe Hobrecht die Pläne für eine systematishe Kanalisation Berlins entworfen und von der Stadtverordnetenversammlung genehmigt. Im Jahre 1873 wurde der Bau der Kanäle in Angriff genommen und wird seitdem energisch fortgesetzt. — Die Kanalisationsarbeiten in Frankfurt a. M. begannen im Jahre 1867, nachdem schon 1854 die ersten Anträge auf systematische Kanalisation der Stadt gestellt, sodann in den 60er Jahren die hierauf bezüglichen Fragen von den Stadtbehörden vielfach debattirt und die nöthigen Vorarbeiten ausgeführt worden waren.[1]) Der Beginn der Kanalisationsarbeiten in Danzig fällt auf das Jahr 1869. Schon im Anfang der 70er Jahre konnten an beiden Orten die Siele dem Betriebe übergeben werden.

II.

Menge und Art der Abfallstoffe; Zersetzung derselben.

Die aus den Städten zu entfernenden Unrathstoffe sind ihrem Charakter und ihrer sanitären Bedeutung nach verschieden; sie bestehen im Allgemeinen aus folgenden Abfällen:

1. Feste und flüssige Excremente der Menschen und Thiere;
2. die Abwässer der Küchen, Waschküchen, Badeanstalten, Schlachthäuser u. s. w.;
3. die Abwässer aus Fabriken und gewerblichen Anlagen;
4. das Regenwasser von den Strassen, Höfen und Dächern;
5. die festen Abgänge der Küchen, Schlachthäuser, Fabriken, Stallmist u. s. w.;
6. der Strassenkehricht.

Die relativen Mengen dieser verschiedenen Auswurfstoffe stellen keine constante Grösse dar, sondern variiren je nach den Localverhältnissen, der Zusammensetzung und den Lebensgewohnheiten der Bevölkerung, der Entwicklung der Theorie u. s. w. Aus diesem

1) Deutsche Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. II. S. 504.

Grunde besitzen alle von den Autoren hierüber angegebenen Zahlen nur einen bedingten Werth und haben nur den Zweck, im Allgemeinen ein Bild zu geben von der Quantität der durch den Lebens- und Wirthschaftsprocess einer Stadtbevölkerung erzeugten Abgänge.

Um genauere Angaben hierüber machen zu können, müsste man für jeden gegebenen Fall eine Menge statistischer Daten besitzen, welche uns gegenwärtig fast durchgehends fehlen: wir müssten informirt sein über die Zusammensetzung der Stadtbevölkerung nach Geschlechtern und Altersgruppen; müssten wissen, wieviel Harn und Koth wir auf männliche und weibliche Individuen der verschiedenen Altersstufen zu rechnen haben, wieviel Wasser der Stadt zugeführt wird für den Verbrauch im Hause, auf der Strasse und in gewerblichen Etablissements, wieviel grössere Thiere (Pferde, Kühe, Schweine, Hunde u. s. w.) eine Stadt besitzt, ausserdem müsste uns die jährlich an dem betreffenden Orte fallende Regenmenge bekannt sein, und wir müssten endlich beurtheilen können, wieviel von den flüssigen Abgängen verdunstet, wieviel ins Erdreich versinkt und wieviel den vorhandenen Gruben und Kanälen überliefert wird. Da ein solches Material nirgends vorliegt, so haben sich die Autoren damit begnügt, auf Grund der vorhandenen Thatsachen allgemeine Berechnungen über die Menge der Abfallstoffe anzustellen.

Menschliche Excremente. Parkes[1]) rechnet im Durchschnitt in Europa auf einen erwachsenen Mann täglich 120 Grm. Koth und 1500 Grm. Harn; die Untersuchungen C. v. Voit's haben ergeben, dass ein kräftiger Arbeiter, bei mittlerer Nahrung, im Tage 131 Grm. Koth und 1254 Grm. Harn entleert. Da nun aber wenigstens die Hälfte einer gemischten Bevölkerung viel bescheidenere Entleerungen hat, so ist es nicht möglich obige Angaben als Mittelzahlen der Berechnung zu Grunde zu legen. Nach den Daten von Wolf und Lehmann[2]), an deren Richtigkeit übrigens zu zweifeln ist, da diese Autoren die Fäcalmasse für erwachsene Frauen auf nur 45 Grm. in 24 Stunden angeben, würden sich für eine gemischte Bevölkerung durchschnittlich pro Kopf und Tag 82.5 Grm. Koth und 967.5 Grm. Urin berechnen. Parkes nimmt 75 Grm. Koth und 1200 Grm. Urin an; Frankland 90 Grm. Koth und 1200 Grm. Urin; Pettenkofer[3]) rechnet durchschnittlich pro Kopf und Jahr auf 34 Kilo Koth und 428 Kilo Harn.

Die relative Menge der einzelnen Harn- und Kothbestandtheile ist je nach der Lebensart bedeutenden Schwankungen unterworfen,

1) Parkes, A manual of practical hygiene. 4. Ausg. S. 336.

2) Wolf u. Lehmann, citirt bei Varrentrapp, Ueber Entwässerung der Städte. S. 15.

3) Pettenkofer, Vorträge über Kanalisation und Abfuhr. S. 15. 1876.

so dass von einer „normalen“ Zusammensetzung dieser Dejecta nicht gesprochen werden kann.

Der Harn enthält nach Berzelius[1]) 93.3 % Wasser, nach Fick[2]) —95.3 %, nach Vierordt[3]) —96 %. — Der Stickstoffgehalt des frischen Menschenharns ist ungemein schwankend, je nach der Nahrungsaufnahme: von Berzelius[4]) wird er für einen erwachsenen Mann auf 1.42 % angegeben; Voit[5]) fand im Mittel aus 17 Analysen bei einem allerdings nicht besonders gut genährten Manne nur 1.33 % Stickstoff; Hofmann[6]) fand bei Brodnahrung 1.2 % Stickstoff, bei Fleischnahrung 4.95 %, bei Hunger 1.08 %; Kerner[7]) fand im Harne eines normalen erwachsenen Menschen 1.5—2.6 % Stickstoff. — Die Menge der Gesammtphosphorsäure im Harn beträgt nach übereinstimmenden Angaben von Vierordt und Kerner etwa 0.2 %; Berzelius (l. c.) fand 0.23 % Phosphorsäure in der Form löslicher phosphorsaurer Salze. — Der Kaligehalt des Harns beträgt nach demselben Forscher 0.2 %.

Die Fäces enthalten nach Berzelius, Liebig und den meisten anderen Forschern durchschnittlich 75 % Wasser; ihr Stickstoffgehalt beträgt 1.2—2 %; der Aschegehalt 3.25 bez. 3.75 %.[8]) Im Mittel enthält der feuchte Koth nach den Analysen von Way, Liebig und Wesarg 1.4 % Stickstoff, 1.06 % Phosphorsäure und 0.29 % Kali.

Mit Berücksichtigung der Menge und Zusammensetzung der festen und flüssigen Fäcalien lässt sich berechnen, dass der Durchschnittsmensch innerhalb eines Jahres in seinem Kothe 0.4—0.65 Kilo Stickstoff ausscheidet, im Harn dagegen 5—6 Kilo. Phosphorsäure und Kali werden ebenfalls in absolut grösserer Menge mit dem Harne ausgeschieden. — Wenn wir somit den Stickstoffgehalt der Dejectionen als Maassstab annehmen für die Intensität der Zersetzungsprocesse, denen dieselben unterliegen, und also auch für ihre Fähigkeit die Medien, mit welchen sie in Berührung kommen, zu verunreinigen, so ergibt sich, dass der Harn in sanitärer Beziehung von viel grösserer Bedeutung ist als der Koth.

Die Quantität der Abwässer aus Küchen, Waschküchen,

1) Berzelius, citirt bei Roth u. Lex, Handbuch der Militärgesundheitspflege. I. S. 417.

2) Fick, Compendium der Physiologie des Menschen.

3) Vierordt, Grundriss der Physiologie des Menschen.

4) Berzelius, citirt bei Bürkli, a. a. O. S. 233.

5) Voit, Zeitschr. f. Biol. II. S. 469. Im Harne eines erwachsenen Mannes bei mittlerer Kost fand Voit 37 Grm. Harnstoff, was einer Stickstoffmenge von 17.26 Grm. entspricht.

6) Hofmann, Zeitschr. f. Biol. IV. S. 316.

7) Varrentrapp, a. a. O. S. 202.

8) Näheres über die chemischen Bestandtheile der Fäces findet man bei Hoppe-Seyler, Physiolog. Chemie. II. S. 335. 1878. — Siehe ferner die Analysen des Kothes bei Bürkli, a. a. O. S. 234 u. fg.

Badestuben u. s. w. hängt wesentlich von der Grösse der Wasserzufuhr ab, und da die letztere, je nach den Localverhältnissen, sehr verschieden ist, so sind genaue Angaben über die Menge der Abwässer nicht möglich. In englischen Städten erreicht die Wasserzufuhr, und nahezu auch die Sielwassermenge, pro Kopf und Tag ca. 125 Liter.[1]) Für eine mit Schwemmkanälen versehene Stadt ist eine solche Wasserzufuhr jedenfalls sehr bescheiden, werden ja doch gegenwärtig bei Anlage von Wasserleitungen überall wenigstens 150 Liter pro Kopf und Tag gefordert, und wir können deshalb ohne Bedenken annehmen, dass 100—125 Liter wieder aus der Stadt zu entfernen sind. Es gibt natürlich noch viele Städte mit weit geringerem Wasserverbrauch, aber die Beschränkung des letzteren entspricht durchaus nicht den hygienischen Anschauungen der Gegenwart.

Die chemische Zusammensetzung der Abwässer kann an verschiedenen Orten sehr verschieden sein, je nach der Entwicklung und dem Charakter der Industrie.

Das Küchenwasser enthält Abfälle von Lebensmitteln und Speisen animalischen und vegetabilischen Ursprungs, Beimischungen von Fett, Fegsand, Seifenwasser u. s. w. Das Wasser aus Waschküchen und Badestuben enthält vorzugsweise Seife; das Wasser von Höfen und Strassen führt thierische Excremente in Lösung und Suspension und ausserdem beträchtliche Mengen von Sand; die Beschaffenheit des Fabrikwassers entspricht den Eigenthümlichkeiten der vorhandenen Industriezweige, ist aber meist sehr offensiver Natur, namentlich wenn es von Gerbereien, Wollwäschereien, Färbereien, Tuchfabriken, chemischen Fabriken, Zucker- und Stärkemehlfabriken u. s. w. herrührt.

Fälschlicherweise werden noch heutzutage, wenn es sich irgendwo um Beseitigung der Abfallstoffe handelt, die Schmutzwässer vielfach gar nicht berücksichtigt, weil man sie kurzweg als unschädlich betrachtet. Dieser Anschauung gegenüber muss hier betont werden, dass die Beschaffenheit der Hauswässer vom sanitären Standpunkte aus durchaus nicht als gleichgiltig betrachtet werden kann.

Emmerich[2]) hat das Wasser der Münchener Siele, in welche bekanntlich Fäcalien nicht eingeleitet werden dürfen, Kaninchen subcutan injicirt. Die hierbei auftretenden Krankheitssymptome und der pathologisch-anatomische Befund liessen keinen Zweifel darüber bestehen, „dass die deletären Wirkungen dieses Wassers lediglich durch die in demselben befindlichen sog. putriden Stoffe hervorgerufen werden“. Ausserdem hat Emmerich nachgewiesen, dass das gewöhnliche Hausschmutzwasser allerdings in frischem Zustande bei subcutaner Injection keine schädlichen Wir-

1) Kaftan, a. a. O. S. 94 u. fg.

2) Emmerich, Die Einwirkung verunreinigten Wassers auf die Gesundheit. Zeitschr. f. Biol. XIV. S. 561 u. flgde.

kungen hervorbringt, dass aber die Thiere zu Grunde gehen, wenn ihnen dasselbe Wasser, 2—3 Tage aufbewahrt und seiner eigenen Zersetzung überlassen, injicirt wird.[1])

Ueber die Quantität der von Hausthieren herrührenden Dejectionen lassen sich keine allgemeingiltigen Berechnungen anstellen, da die Anzahl dieser Thiere, je nach den örtlichen Verhältnissen, sehr grossen Schwankungen unterliegt. — Das Regenwasser können wir hier unberücksichtigt lassen, weil es dem Erdreich nur solche verunreinigende Stoffe zuführt, welche einer der schon erwähnten Kategorien angehören. Die Beziehungen der Regenwassermenge zur Grösse der Strassensiele sollen weiter unten erörtert werden.

Indem wir also für den Durchschnittsmenschen eine tägliche Entleerung von 90 Grm. Koth und 1200 Grm. Harn annehmen, und ausserdem einen Wasserverbrauch von etwa 125 Liter pro Kopf und Tag voraussetzen, erhalten wir für eine Bevölkerung von 100,000 Einwohnern in 24 Stunden folgende Mengen von Abfallstoffen, die aus der Stadt zu beseitigen sind:

Koth	9	Cbm. =	0.071 %
Harn	120	„ =	0.950 %
Abwässer	12500	„ =	98.979 %
Summa	12629	Cbm. =	100 %

Im Ganzen also ca. 12600 Cbm. oder 126 Liter auf den Kopf (ohne das Regenwasser), wovon die Excremente nur wenig mehr als 1% ausmachen. Selbst bei weit geringerem Wasserverbrauch als dem hier angenommenen, betragen nach Pettenkofer's Berechnungen die menschlichen Fäces nur 5% der zu entfernenden Abfallstoffe.

Die annähernde Richtigkeit dieser Berechnung können wir an den bekannten Verhältnissen einiger kanalisirter Städte prüfen. Im Jahre 1878 betrug in Frankfurt a. M. die pro Tag durch die Siele abgeführte Wassermenge ca. 16000 Cbm.[2]); da zu jener Zeit 13000 Wohnungen mit ca. 80000 Bewohnern an die Strassensiele angeschlossen waren, so kommen pro Tag und Kopf 200 Liter Sielwasser. — In demselben Jahre betrug in Danzig für gewöhnliche Zeiten die durch die Siele abgeführte Flüssigkeitsmenge 14800 Cbm. im Tag; da der kanalisirte Theil der Stadt 80000 Einwohner hatte[3]), so kamen auf den Kopf in 24 Stunden etwa

1) Vorträge im ärztlichen Bezirksvereine München. Abgedr. im Aerztl. Intelligenzbl. No. 23—34. 1879.

2) Beil. VII zum III. Bericht über die Verhandlungen u. Arbeiten der vom Stadtrathe zu München niedergesetzten Commission für Wasserversorgung, Kanalisation u. Abfuhr. 1879.

3) Ebenda. S. 52 u. flgde.

185 Liter. — Durch die Pumpstation des III. Radialsystemes der Berliner Kanalisation wurden für das Jahr 1878 im Durchschnitt täglich 13258 Cbm. Sielwasser aus der Stadt geschafft[1]; der vom Radialsystem III eingenommene Theil der Stadt hatte damals ca. 106000 Einwohner, welche übrigens zu jener Zeit noch nicht vollständig an die Kanalisation angeschlossen waren, so dass pro Kopf und Tag mindestens 125 Liter Sielwasser entfernt wurden.

Vielfach wurde der Versuch gemacht, den Geldwerth der menschlichen Excremente und der gesammten Abfallstoffe überhaupt theoretisch zu bestimmen, indem man der Berechnung den Marktpreis der für die Landwirthschaft wichtigsten Bestandtheile derselben, nämlich des Stickstoffs, der Phosphorsäure und des Kalis, zu Grunde legte. Es ist nun durch die Erfahrung bewiesen, dass solche Berechnungen durchaus keine praktische Bedeutung haben, und wir erwähnen ihrer hier nur deshalb, weil sie von zahlreichen Autoren als Beweismittel für oder gegen die Zweckmässigkeit dieses oder jenes Systems der Beseitigung der Abfallstoffe angeführt worden sind, wobei man sich vielfach auf die Autorität Liebig's stützte.[2]

Ungemein sanguinische Rechnungen haben z. B. Paltzow und Abendroth[3] angestellt, indem sie den Werth aller aus einer Stadt von 100000 Einwohnern wegzuführenden Abfallstoffe auf nicht weniger als 3600000 Mark schätzten, wobei allein auf Koth, Urin, Küchen- und Gewerbeabfälle 1800000 Mk. kommen, d. h. auf jeden Einwohner 18 Mk. Zahlreiche Autoren berechnen den Werth der menschlichen Excremente auf 8—15 Mk. pro Kopf und Jahr.

Da nun aber der Marktpreis der im städtischen Unrath enthaltenen Düngstoffe nicht durch ihren theoretischen Werth bestimmt wird, sondern in erster Linie von dem Gesetze des Angebotes und der Nachfrage abhängt, und da ferner die Gesundheitspflege manche Bedingungen an die Gewinnung dieser Stoffe binden muss, welche für die Landwirthe oft lästig sind, so ist der Marktpreis der menschlichen Excremente ein sehr geringer. Während also Stöckhardt den Werth eines Centners Grubeninhalt auf etwa 125 Centimes berechnet, wurde factisch in Zürich der Centner im Jahre 1863/64, vom Herbst bis zum Frühjahr, zu $4^1/_2$ Cent.

---

1) Mitgau, Bericht über die in Berlin, Amsterdam u. s. w. eingeführten Systeme der Städtereinigung. S. 13. 1880.

2) Es muss hier bemerkt werden, dass die einschlägigen Aussprüche Liebig's, dessen leitender Gedanke — möglichste Verwerthung der menschlichen Dejecta für die Landwirthschaft — ja allgemeine Anerkennung gefunden hat, durchaus nicht zu Gunsten irgend eines einzelnen Systems der Städtereinigung angezogen werden dürfen, da ja dieser Zweck bei den verschiedensten Systemen mehr oder minder vollständig erreicht werden kann.

3) Schriftliche Eingabe an den Senat der freien Stadt Frankfurt. 1864. Ang. bei Varrentrapp a. a. O. S. 17. Zahlreiche Berechnungen derselben Art findet man in den schon citirten Werken von Bürkli und Varrentrapp.

verkauft; in Paris ist der Marktpreis der Jauche aus den Depots 7 Cent.; nur in Belgien, wo überall eine sehr intensive Land- und Gartenwirthschaft existirt, steigt der Preis an der Grube auf 22 Cent. für den Centner.[1]) An den meisten Orten werden die aus den Städten abgeführten Fäcalien, als unverkaufbar, einfach in die Flüsse geschüttet (siehe unten).

Die Fäulniss, welcher der Koth an der Luft unterliegt, ist als eine Fortsetzung der Zersetzungsprocesse im Darmkanal zu betrachten. Es ist bekannt, dass schon im Dünndarm und im oberen Theile des Dickdarmes Fermentwirkungen auftreten, welche sich als Fäulnissprocesse charakterisiren lassen.[2]) Die Kohlehydrate, soweit sie nicht resorbirt werden (und mit Ausnahme der Cellulose), werden durch Fäulniss in Milchsäure, Buttersäure, Essigsäure, und schliesslich in Kohlensäure und Wasserstoffgas zerlegt; als Fäulnissproducte der Eiweisskörper treten in den Fäces Phenol, Indol und Skatol auf. Wenn sich unverdaute Eiweisssubstanzen im Kothe befinden, so bilden sich bei der Fäulniss derselben Leucin, Tyrosin und weitere Zersetzungsproducte. Gleich nach der Entleerung hat der Menschenkoth eine schwach saure Reaction, die, wenn der Koth für sich aufbewahrt wird, ohne Zutritt von Wasser oder Harn, nur allmählich einer alkalischen Reaction Platz macht. An der Luft trocknet der Koth leicht aus, wodurch der Fäulnissprocess abgeschnitten oder sehr verlangsamt wird; durch Zusatz von Harn dagegen, wird die Fäulniss ausnehmend begünstigt, die an Ammoniak oder andere Basen gebundenen fetten Säuren (Essigsäure, Buttersäure, Kapronsäure u. s. w.) werden weiter zerlegt, wobei Kohlensäure, Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe entstehen, und aus den Stickstoffverbindungen entwickelt sich schliesslich Ammoniak, das sich grösstentheils verflüchtigt. Nach Abendroth[3]) soll in einem gleichmässigen Gemische von Harn und Koth der letztere nach zweimonatlicher Verwesung schon ungefähr die Hälfte seines ursprünglichen Stickstoffgehaltes verloren haben.

Der reine Harn ist im frischen Zustande fast geruchlos und hat während des Hungerzustandes und bei Fleischkost eine sauere, bei vegetabilischer Nahrung eine neutrale oder alkalische Reaction.[4]) Durch Kochen und Aufbewahren in einem Glaskolben mit Baumwollverschluss, wodurch der Luftzutritt nicht aufgehoben wird, lässt sich der Harn vollkommen vor Fäulniss bewahren. Aber auch ohne

1) Bürkli, a. a. O. S. 144 u. 253.

2) Hoppe-Seyler, Physiol. Chemie. II. S. 329. 1878.

3) Abendroth, Die Guanofabrikation in ihrer Beziehung zur Volkswirthschaft u. s. w. Cit. bei Varrentrapp a. a. O. S. 28.

4) Hoppe-Seyler, Handb. d. physiol. u. pathol.-chemischen Analyse. 3. Aufl. S. 255.

die genannten Vorsichtsmaassregeln behält der Urin, isolirt aufbewahrt, noch einige Tage nach der Entleerung (3—8 Tage, je nach der Temperatur der äusseren Luft) seine ursprüngliche saure Reaction bei und wird erst nach und nach alkalisch, in Folge der Zersetzung des Harnstoffs in kohlensaures Ammoniak und Wasser, sowie durch theilweises Freiwerden von Ammoniak. Sind Koth und Harn gemischt, so tritt die Zersetzung des Harnstoffs und die alkalische Reaction der Mischung rasch ein, meist schon nach 24 Stunden. Die Gase, die bei der Fäulniss einer Mischung von Koth und Harn an die Luft abgegeben werden, sind: Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Schwefelammoniumverbindungen, übelriechende Kohlenwasserstoffe und flüchtige Fettsäuren, Amine des Methyls u. s. w.

Aus einer Mischung von 35 Grm. Koth und 100 Harn werden bei mässigem Luftwechsel in 24 Stunden abgegeben[1]):

Kohlensäure	0.0836	Grm.
Ammoniak	0.0153	„
Schwefelwasserstoff	0.00025	„
Organische Substanz	0.0564	„
Im Ganzen	0.15515	Grm.

Der wesentlichste Vorgang bei der Zersetzung des Harns scheint eine Nitrificirung der in ihm enthaltenen stickstoffhaltigen Substanzen, unter muthmasslicher Betheiligung fermentartig wirkender Organismen, zu sein. Schon Goppelsroeder hat den Nachweis geliefert, dass in dem sich selbst überlassenen, von fremden Beimischungen freien Harn nach Ablauf eines Tages bereits eine ziemliche Menge von Nitriten auftrete und nach längerer Zeit reichliche Mengen Nitrate sich zeigen.[2]) Diese Versuche wurden mit analogen Resultaten von Soyka[3]) wiederholt. Nun wurde vor einigen Jahren von Schloesing und Müntz[4]), auf Grund zahlreicher Versuche über die nitrificirende Kraft des Erdbodens, die Vermuthung ausgesprochen, der erwähnte Nitrificationsprocess sei der Wirkung eines lebenden Fermentes zu verdanken, und auch die Resultate der von Soyka[5]) hierüber angestellten Versuche scheinen die Richtigkeit dieser An-

1) Erismann, Untersuchungen über die Verunreinigung der Luft durch Abtrittgruben u. s. w. Zeitschr. f. Biol. XI. S. 233.

2) Goppelsroeder, Verhandlungen der Naturforschergesellschaft in Basel. 1861. III. S. 252. Citirt von Soyka, Zeitschr. f. Biol. XIV. S. 452.

3) Soyka, Ueber den Einfluss des Bodens auf die Zersetzung organischer Substanzen. Zeitschr. f. Biol. XIV. S. 449 u. flgde.

4) Schloesing u. Müntz, Comptes rendus. T. 77. 84 u. 85. Citirt bei Soyka a. a. O.

5) Soyka a. a. O.

sicht zu bestätigen; dennoch hält Soyka die Frage noch nicht für endgiltig entschieden, da die Kultur- und Implantationsversuche, welche er anstellte, um das vermuthete Ferment zu isoliren, resultatlos geblieben sind. Doch scheinen neue Versuche von Schloesing und Müntz der Entscheidung im positiven Sinne sehr nahe gekommen zu sein. Dass sich in faulenden Excrementen ein reiches organisches Leben entwickelt, unterliegt keinem Zweifel; hierfür spricht unter anderem auch die reichliche Sauerstoffaufnahme durch faulende Massen, die schon von Pappenheim[1]) constatirt und von mir[2]) bestätigt wurde: die oben erwähnte Mischung von Harn und Koth, im Ganzen 135 Grm. Excremente nahm im Mittel aus zahlreichen Versuchen in 24 Stunden 0.1039 Grm. Sauerstoff auf.

III.

Begründung der Nothwendigkeit einer systematischen Städtereinigung; hygienische Anforderungen.

Bei einer Maassregel, welche nicht unerhebliche Ansprüche an das Budget der Stadtgemeinden macht — und ohne Zweifel muss die Durchführung eines rationellen Systems der Städtereinigung als eine solche Maassregel betrachtet werden — ist es nothwendig zu fragen, in wie weit dieselbe vom hygienischen Standpunkte wirklich als dringend bezeichnet werden müsse: ob es etwa mehr nur das ästhetische Bedürfniss sei, dem wir hierdurch Genüge leisten (Flügge[3]), oder ob wir auf Grund wissenschaftlicher Thatsachen oder wenigstens berechtigter Hypothesen die Entfernung der Unrathsstoffe auf rationellem Wege als eine hygienische Nothwendigkeit bezeichnen müssen.

Behufs möglichst objectiver Beantwortung dieser Frage haben wir zunächst zu erörtern, wodurch und in wie weit die bestehenden Zustände die öffentliche Gesundheit gefährden. Erfahrung und Theorie lehren in dieser Beziehung gegenwärtig Folgendes:

1. Die aus dem Mittelalter her uns vererbten und auch gegenwärtig noch fast allgemein üblichen Entfernungsmethoden der städtischen Auswurfstoffe verunreinigen die Luft unserer unmittelbaren Umgebung, speciell unserer Wohnungen, und setzen uns fortwährend der Gefahr chronischer Vergiftung durch Abtrittgase aus;

1) Pappenheim, Handbuch der Sanitätspolizei. 2. Aufl. II. S. 62.
2) Erismann, Zeitschr. f. Biol.
3) Flügge, Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden. S. 535. 1881.

2. sie verunreinigen Boden und Grundwasser unter Häusern, Höfen und Strassen;

3. sie lassen die Drainage des Stadtgrundes unberücksichtigt;

4. sie verwandeln in Folge dessen den Städtegrund in ein geeignetes Substrat zur Entwicklung gewisser, ihrer Natur nach allerdings noch unbekannter Agentien, welche aller Wahrscheinlichkeit nach eine wichtige Rolle in der Aetiologie verschiedener Infectionskrankheiten spielen, — sei es nun, dass sie selbst als specifische Krankheitskeime auf den menschlichen Organismus einwirken, oder sei es, dass sie in anderer Weise bei der Verbreitung dieser Krankheiten thätig sind.

Ad 1. Die Verunreinigung unserer Wohnungsluft durch primitive Abtritteinrichtungen unterliegt keinem Zweifel; wir haben leider noch oft genug Gelegenheit, sie durch das einfache aber sichere Reactiv des Geruchsinnes zu constatiren; am fühlbarsten wird sie bei Witterungsänderungen im Sommer, namentlich bei raschem Sinken des Barometerstandes, wodurch die Entbindung der Gase aus den Abtrittgruben wesentlich erleichtert wird. Ueber die Grösse dieser Luftverunreinigungen erhält man einen annähernden Begriff durch die Resultate meiner oben angeführten Untersuchungen.

Aus denselben berechnet sich für eine Abtrittgrube von 27 Cbm. (wie sie an Orten mit Versitzgruben gewiss nicht selten vorkommen), die bis auf die Höhe von 2 Meter mit Fäcalmassen gefüllt sei, d. h. für 18 Cbm. Abtrittflüssigkeit, folgende Grösse der Emanationen in 24 Stunden [1]:

Kohlensäure	11.144	Kgrm.	oder	5.67	Cbm.
Ammoniak	2.040	„	„	2.67	„
Schwefelwasserstoff . . .	0.033	„	„	0.02	„
Flüssige Fettsäuren u. s. w. (auf Sumpfgas berechnet)	7.464	„	„	10.43	„
Im Ganzen	20.681	Kgrm.	oder	18.79	Cbm.

Bei der gewöhnlichen Einrichtung unserer Abtritte strömt diese ganze Menge theilweise übelriechender Gase im Abtrittrohre in die Höhe, den Wohnungen zu. In der That ist die Luftmenge, welche aus den Abtrittsitzen in die Häuser dringt, zuweilen ausserordentlich gross. Pettenkofer [2] fand in Abtrittröhren eine Geschwindigkeit der Luftbewegung von 1 bis 4 Met. in der Secunde und berechnet hieraus, einen Querschnitt der Abtrittröhre von 425 Quadratcentimeter vorausgesetzt, die Menge der in 24 Stunden durch die Abtritte ins Haus eindringenden Luft auf 3000 Cbm. (bei kaum fühlbarer Luftbewegung) bis 13000 Cbm. (bei der stärksten beobachteten Luftströmung). Ich selbst beobachtete in den Abtrittröhren

1) Erismann, Ztschr. f. Biol. XI. S. 233.

2) Pettenkofer, Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. II. S. 521.

verschiedener Etagen eines Hauses Luftgeschwindigkeiten von 0.211 bis 0.942 Meter, und da in diesem Falle die zu den Abtrittsitzen führenden Seitenröhren einen Querschnitt von 144 Quadratcentim. besassen, so ergab sich hieraus eine den verschiedenen Etagen zuströmende Luftmenge von je 262 bis 1172 Cbm. in 24 Stunden.[1]) Es kann nicht auffallen, dass in den Abtritten der höhergelegenen Etagen die aus der Grube aufströmende Luftmenge bedeutend grösser war, als im ersten Stockwerk.

Wenn wir nun nach der hygienischen Bedeutung dieser Verunreinigung der Wohnungsluft durch Abtrittgase fragen, so ist in erster Linie zu bemerken, dass hier keineswegs jene acuten Vergiftungen zu fürchten sind, die namentlich in früheren Zeiten den Kloakenreinigern zuweilen gefährlich wurden und im Wesentlichen den Charakter einer Intoxication durch Schwefelwasserstoff und Schwefelammonverbindungen trugen; auch können wir nach dem gegenwärtigen Stande der Lehre von der Aetiologie der Infectionskrankheiten kaum vermuthen, dass die Ausdünstungen der Abtritte im Stande seien, Erkrankungen an Abdominaltyphus oder Cholera hervorzurufen, da ja aller Wahrscheinlichkeit nach in den Dejectionen von Typhus- und Cholerakranken keine fertigen Krankheitserreger vorhanden sind. Um so mehr verdient unsere volle Aufmerksamkeit ein Umstand, dem im Allgemeinen gewiss viel zu wenig Beachtung geschenkt worden ist, nämlich die chronische Einwirkung einer verunreinigten Luft auf den menschlichen Organismus, deren Bedeutung schon desshalb nicht unterschätzt werden darf, weil die Luft nicht nur als Nahrungsmittel, sondern auch als eines unserer wichtigsten Genussmittel betrachtet werden muss.

Wie bei allen Giften und schädlichen Agentien überhaupt, so muss auch bei der Luftverunreinigung durch Abtrittgase der Concentrationsgrad für die Intensität der Wirkung entscheidend sein; dementsprechend müssen zwischen jener Verdünnung der offensiven Bestandtheile, bei welcher jegliche Einwirkung aufhört und einer starken Concentration, die acute Vergiftungserscheinungen hervorruft, zahlreiche Gradationsstufen sowohl der Concentration als auch der Einwirkung liegen, die wir nicht etwa desshalb vernachlässigen dürfen, weil sie keine vehementen Erscheinungen hervorrufen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sie nichtsdestoweniger die normalen Funktionen des Organismus in gewisser Weise beeinträchtigen: durch accumulirte Wirkung an sich schwacher, unmerklicher Stösse kann schliesslich doch seine Widerstandskraft geschwächt, die individuelle Disposition zu gewissen Krankheiten gesteigert und in Folge dessen, wenn es sich um die Betheiligung grösserer Bevölkerungscomplexe handelt, die mittlere Lebensdauer herabgesetzt werden. Es ist allerdings nicht möglich, einen solchen Einfluss der Luftverunreinigung durch Abtrittgase statistisch nachzuweisen, weil sich derselbe von der Gesammtheit aller

1) Erismann, Ztschr. f. Biol. XI. S. 235.

übrigen krankmachenden Factoren nicht isoliren lässt; aber sein Vorhandensein ergibt sich als logische Consequenz aus unseren Anschauungen über die Wirkung aller toxischen Substanzen überhaupt. Ein directer Beweis für die Richtigkeit des Gesagten wäre geliefert, wenn es gelänge, zu zeigen, dass nach Regulirung der Abtrittszustände die Gesundheitsverhältnisse des betreffenden Ortes sich dauernd gebessert haben, ohne dass in den übrigen Lebensverhältnissen der Bevölkerung eine Aenderung eingetreten wäre, der dies Resultat zunächst zugeschrieben werden müsste.

Ad 2. Die Verunreinigung des Bodens durch den Inhalt von Abtritt- und Düngergruben ist bei Aufgrabungen des Erdreichs in der Nähe derselben für das blosse Auge sichtbar. Bei alten Versitzgruben ist der Boden oft im Umkreise von einigen Metern fett, dicht, von schwärzlicher Farbe und unangenehmem Geruch. Doch auch anscheinend gut gebaute Gruben, mit relativ dicken Backsteinwandungen und Cementauskleidung, schützen das umliegende Erdreich nicht vollständig vor Imprägnation mit faulendem Grubeninhalt. Bei der chemischen Analyse von Bodenproben aus dem Untergrund mehrerer gemauerter Abtrittgruben in München, sowie einer Probe, die 4.5 Meter seitlich von einer Düngergrube entnommen war, erhielt Wolffhügel[1]) folgende Resultate:

	Im kalten Wasser löslich					Im kalten Wasser unlöslich	
	Gesammtmenge	Glühverlust	Organ. Substanz.	Chlor	Salpetersäure	Glühverlust	Stickstoff
Normalboden aus d. Nähe des physiol. Instituts .	0.211	0.052	0.118	0.010	0.012	1.504	0.014
Mittel v. 6 Abtrittgruben	0.603	0.185	1.257	0.110	0.019	5.461	0.060
Boden aus der Nähe der Düngergrube	4.710	1.500	2.230	0.330	0.460	39.772	0.956

Man sieht, dass die Substanzen, welche am genauesten die Menge des im Boden aufgespeicherten, wenn auch theilweise schon veränderten Fäulnissmaterials repräsentiren, — Stickstoff und Salpetersäure, — in der Umgebung von Abtritt- und Düngergruben in ausnehmend grösserer Quantität enthalten sind als im Normalboden.

Fleck[2]) glaubt nach den Resultaten der chemischen Untersuchung

1) Wolffhügel, Ueber die Verunreinigung des Bodens durch Strassenkanäle und Abortgruben. Ztschr. f. Biol. XI. p. 473. — Die Zahlen in obiger Tabelle geben den Befund in 1 Cbm. Erde in Kilogr. an.

2) Fleck, Vierter und fünfter Jahresbericht der chemischen Centralstelle für öffentl. Gesundheitspflege in Dresden. S. 102. 1876.

von Bodenproben, die an verschiedenen Stellen dem Dresdener Untergrunde entnommen waren, sogar auf die Quellen der Bodenverunreinigung schliessen zu können; Boden, der durch Abfallwässer von Fleischerwerkstätten verunreinigt war, zeigte einen unverhältnissmässig hohen Stickstoffgehalt; in Boden, welcher unter dem Einflusse der Abfallwässer einer Gerberei stand, wurde, neben bedeutenden Quantitäten von Stickstoff, das Auftreten von Buttersäure und Propionsäure beobachtet. Der fast gänzliche Mangel an Salpetersäure oder salpetriger Säure in den wässerigen Auszügen der von Fleck untersuchten Bodenproben, der auf eine vollständige Sistirung der Nitrificationsfähigkeit des Bodens hinweist, lässt sich vielleicht durch starke Concentration der Fäulnissstoffe im Erdreich erklären, da nach Soyka (a. a. O.) bei einer gewissen Verdünnung der zu nitrificirenden Flüssigkeit der Process am raschesten vor sich geht, während er durch starke Concentrationsgrade verlangsamt oder geradezu fast ganz sistirt wird.

Die Imprägnation des Bodens mit Fäulnissstoffen äussert sich vorzugsweise in der Verunreinigung des Grundwassers und der Bodenluft. — Was die Grundluft anbelangt, so scheint die Beschaffenheit derselben in sanitärer Beziehung von äusserster Wichtigkeit zu sein, da nach den vorliegenden Beobachtungen über den Eintritt von Leuchtgas durch den Boden in die Häuser[1]), sowie nach zahlreichen Erfahrungen über die Verbreitung des Darmtyphus und der Cholera, an einer fortwährenden Communication der Bodenluft mit dem Inneren unserer Wohnungen nicht wohl gezweifelt werden kann. Leider ist es jedoch bis jetzt nicht gelungen, ein sicheres Kennzeichen für die Intensität und den Schädlichkeitsgrad einer stattgehabten Verunreinigung der Bodenluft zu finden.

Pettenkofer glaubte den Kohlensäuregehalt der Grundluft als Maassstab der im Boden vor sich gehenden Zersetzungsprocesse organischer Substanz betrachten zu können, — um so mehr, als die von ihm ausgesprochene Ansicht, die Hauptquelle der Kohlensäure im Boden seien Processe, welche mit dem Vorhandensein kleinster Organismen zusammenhängen[2]), durch Harz bestätigt wurde, der bei der botanischen Untersuchung von Münchener Bodenproben noch in bedeutender Tiefe (5,7 Met.) ein sehr reiches organisches Leben gefunden hat.[3]) Dennoch liess sich bis jetzt ein auch nur annähernd constantes Verhältniss zwischen Bodenverunreinigung und vorhandener Kohlensäuremenge nicht constatiren;

---

1) Pettenkofer. Beziehungen der Luft zu Kleidung, Wohnung und Boden. S. 87. 1872.

2) Derselbe, Zeitschr. f. Biol. VII. S. 415.

3) Harz, citirt von Wolffhügel, Zeitschr. f. Biol. XI. S. 477. — Wo ein solches Leben nicht vermuthet werden kann, wie z. B. im Wüstensande, ist, wie Pettenkofer gezeigt hat, der Kohlensäuregehalt des Bodens sehr gering und zwar gleich demjenigen der atmosphärischen Luft (Zeitschr. f. Biol. XI. S. 389).

Fodor[1]) und Fleck[2]) kamen übereinstimmend zu dem Resultate, dass, ausser dem Grade der Verunreinigung einer Bodenart mit organischem Material, auch die Permeabilität derselben, sodann Intensität und Richtung der Winde, Druck- und Temperaturschwankungen an der Oberfläche u. s. w. von wesentlichem Einflusse auf den jeweiligen Gehalt des Bodens an Kohlensäure seien.

Die Verunreinigung des Grundwassers durch die Stadtlauge macht sich namentlich bei den sog. Flachbrunnen geltend, die gewöhnlich eine Tiefe von höchstens 8 Meter besitzen. Das Wasser dieser Brunnen ist in zahlreichen Städten chemisch untersucht worden und hat man hierbei der Gegenwart von Ammoniak und Salpetersäure besondere Aufmerksamkeit geschenkt, weil diese Stoffe im Allgemeinen als die zuverlässigsten Zeugen stattgehabter Verunreinigung des Bodens durch fäulnissfähige organische Substanzen betrachtet werden. Hierzu ist übrigens zu bemerken, dass das Vorhandensein grösserer Salpetersäuremengen im Wasser gegrabener Brunnen entweder auf eine vor längerer Zeit stattgehabte oder aber auf chronische Verunreinigung hindeutet, da eine frische Verunreinigung mit Stadtlauge, auch wenn sie sehr intensiv ist, dem Wasser nur dann Salpetersäure mitzutheilen pflegt, wenn sich die Stadtlauge selbst schon im Stadium der Mineralisirung befindet. — Ein bedeutenderer Chlor- und Kaligehalt des Brunnenwassers spricht mit grosser Wahrscheinlichkeit für eine Verunreinigung desselben mit Harn; Kalisalze finden sich in reinem Brunnen- und Quellwasser nur in äusserst geringen Quantitäten.

Der Ammoniakgehalt solcher Brunnenwässer, welche sich constant unter dem Einflusse städtischer Unrathstoffe befinden, pflegt meist gering zu sein, da das Ammoniak gewöhnlich ziemlich rasch nitrificirt wird; wo es sich in grösserer Menge vorfindet, muss man auf eine unlängst stattgehabte Verunreinigung des Brunnenwassers oder auf eine unmittelbare Communication des Brunnens mit Abtritt- oder Düngergruben schliessen. Im Wasser von 65 Berliner Brunnen fand A. Müller weniger als 0.75 Mgrm. Ammoniak im Liter, in 33 Brunnen fand er mehr als 0.75 Mgrm. bis zu 19 Mgrm. und in 1 Falle 65 Mgrm.[3]) — In 125 Brunnenwässern Dorpats fand C. Schmidt 0.19—28.5 Mgrm. Ammoniak, im Mittel 1.88 Mgrm.[4]), während in Wasser, welches er als rein betrachten zu können glaubte, nur 0.46 Mgrm. vorhanden waren. — In notorisch schlech-

1) Fodor, Experimentelle Untersuchungen üb. Boden u. Bodengase. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. VII. S. 205.

2) Fleck, Ueber Boden- und Bodengasuntersuchungen. 4. u. 5. Jahresber. d. chem. Centralstelle u. s. w. S. 35.

3) Reinigung u. Entwässerung Berlins. XII. S. 666 u. flgde.

4) Angeg. bei Roth u. Lex, a. a. O. I. p. 14.

ten Londoner Brunnen fanden Wanklyn und Chapman 1.0—7.5 Mgrm. Ammoniak im Liter. [1])

Sehr bedeutend kann unter dem Einfluss der Stadtlauge der Gehalt des Brunnenwassers an Salpetersäure werden. Nach Schmidt in Dorpat, dessen Normalwasser nur 5.59 Mgrm. Salpetersäure im Liter enthielt, stieg im Wasser der Stadtbrunnen die Menge derselben im Mittel auf 192 Mgrm. — In Berliner Brunnen fand Reich [2]) bis zu 675 Mgrm. Salpetersäure; in Leipziger Brunnen fand er 65—347 Mgrm.; in Stettiner Brunnen 16—267 Mgrm. — Im Wasser verschiedener Brunnen von Karlsruhe fand Weltzien [3]) 11 — 240 Mgrm. Salpetersäure im Liter. — Wagner [4]) gibt folgende Tabelle über den Maximal- und Minimalgehalt der Brunnenwässer verschiedener Städte an Salpetersäure (in Grammen pro Liter):

	München	Dorpat	Berlin	Leipzig	Dresden	Stettin
Maximum . . .	0.310	0.816	0.358	0.347	0.459	0.267
Minimum . . .	0.057	0.0012	0.006	0.065	0.043	0.021

Sogar in Brunnen, deren Wasser sehr beliebt war, fand Wagner einen Salpetersäuregehalt von 0.1386 Grm. im Liter, was jedoch nur beweist, dass selbst ein ziemlich hoher Salpetergehalt dem Wasser keinen unangenehmen Geschmack ertheilt, während eine stattgehabte Verunreinigung desselben mit Stadtlauge keineswegs ausgeschlossen ist. Im Mittel fand Wagner im Wasser der gegrabenen Brunnen 155 Mgrm. Salpetersäure pro Liter, im Leitungswasser aus Brunnenhäusern dagegen nur 24.9 Mgrm.

Wie erheblich auch, nach dem Vorausgehenden, die Verunreinigung des Erdreiches unter dem Einfluss der Stadtjauche zuweilen sein mag, sie wäre noch grösser, wenn nicht der Boden bis zu einem gewissen Grade die Fähigkeit besässe, die offensiven organischen Substanzen allmählich in anorganische, unschädliche Stoffe zu verwandeln („mineralisiren") und sich auf diese Weise selbst zu reinigen. Schon von Alters her ist die selbstreinigende Kraft des Bodens durch die Vorgänge im Erdreich der Kirchhöfe bekannt, wo ja nach einem gewissen, von der Natur des Bodens abhängigen Zeitraume, jede Spur der begrabenen Leichen verschwindet. Gegenwärtig ist die desinficirende Wirkung des Erdbodens von Falk [5])

1) Roth u. Lex, a. a. O. I. p. 14.

2) Reich, Die Salpetersäure im Brunnenwasser und ihr Verhältniss zur Cholera u. s. w. 1869.

3) Weltzien, Brunnenwasser von Karlsruhe. 1866.

4) Wagner, Die Salpetersäure im Brunnenwasser. Zeitschr. f. Biol. VII. S. 324.

5) Falk, Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medicin u. öffentl. Sanitätswesen. Bd. 27. S. 83 u. Bd. 29 S. 272.

und Soyka[1]) experimentell nachgewiesen, zugleich aber constatirt worden, dass diese Fähigkeit des Bodens ihre Grenzen hat, indem sehr concentrirte Lösungen von Fäulnissstoffen kaum wesentlich verändert, geschweige denn bewältigt werden, während eine gewisse Verdünnung der Jauche der Mineralisirung günstig ist. Wenn also, trotz der unbestreitbar vorhandenen selbstreinigenden Kraft des Bodens, doch der Untergrund unserer Städte in hohem Grade verunreinigt ist, so rührt dies offenbar von einer Uebersättigung desselben mit Fäulnissstoffen her.

Ad 3. Aus der oben entworfenen Schilderung der aus früherer Zeit stammenden Strassenkanäle geht ohne Weiteres hervor, dass durch dieselben eine ausreichende Drainage des Städtegrundes nicht erzielt wird. Es ist deshalb begreiflich, dass überall wo das Terrain oder die Gefällsverhältnisse der oberen Bodenschichten einen regelmässigen Abfluss des Regenwassers und der flüssigen Haus- und Fabrikabgänge nicht begünstigen, unterirdische Sümpfe entstehen müssen, die allerdings zu gewöhnlichen Zeiten nicht sichtbar sind, deren Niveau sich jedoch bei anhaltendem Regenwetter oder im Frühjahre, beim plötzlichen Schmelzen grösserer Schneemassen, ungebührlich hebt und dann zu Ueberschwemmung der Kellerwohnungen in niedrig gelegenen Stadttheilen Veranlassung gibt. Die grosse Verbreitung, welche in neuerer Zeit das Wasserkloset überall erlangt hat, wo man auf Reinlichkeit und Comfort sieht, sowie die vielfach erfolgte reichlichere Versorgung der Städte mit Wasser, mussten bei mangelhaften Entwässerungsvorrichtungen das Uebel noch vergrössern, indem sie die Quantität der Schmutzwässer vermehrten, während andererseits die Mittel zur zeitgemässen und regelrechten Entfernung derselben fehlten. Auf diese Weise förderte der reichliche Wasserverbrauch zwar die Reinlichkeit und Wohnlichkeit in den Häusern, verpflanzte aber die Unrathstoffe auf Höfe und Strassen und trug nicht wenig zur Verunreinigung und Versumpfung des Städtebodens bei.

Es ist hier der Ort, der bedenklichen Zustände zu erwähnen, welche für Berlin aus der durch mangelhafte Drainage verursachten Zunahme der Verunreinung und Durchfeuchtung des Bodens entstanden sind. Für diese Stadt constatirte nämlich Virchow[2]) für die 60er Jahre eine ver-

---

1) Soyka, Ztschr. f. Biol. Bd. 14 und Tageblatt der 54. Versamml. deutscher Naturforscher u. Aerzte in Salzburg 1881.

2) Virchow, Reinigung und Entwässerung Berlins, Generalbericht. S. 63. — Siehe auch den Vortrag Schwabe's auf der 2. Versammlung des deutsch. Ver. f. öffentl. Gesundheitspfl. in Danzig. 1875.

hängnissvolle Vermehrung der Krankheiten mit infectiösem Charakter (eigentliche Infectionskrankheiten, Schwindsucht und Durchfallskrankheiten); unter je 100 Todten starben:

	an Infections-krankheiten	an anderen Todesursachen
1854—1861	21.15	78.85
1862—1871	29.85	70.15

Diese relative Zunahme der Infectionskrankheiten wird von Virchow und Schwabe, wenigstens theilweise, der stärkeren Infiltration des Stadtgrundes mit Schmutzwasser zugeschrieben, welche als Folgezustand der durch die Wasserleitung vom Jahre 1860 begünstigten Vermehrung des Wasserverbrauches auftrat, da die Mittel zu entsprechender Entwässerung der Stadt fehlten.

Ad 4. Der Einfluss der Bodenverunreinigung auf die öffentliche Gesundheit ist im Laufe der letzten Decennien vielfach ventilirt worden, und nachdem einmal durch Pettenkofer die Aufmerksamkeit der Aerzte auf diesen Gegenstand gelenkt worden war, sind grosse Anstrengungen gemacht worden, den vermutheten Causalzusammenhang zwischen der Bodenbeschaffenheit und gewissen Krankheitszuständen durch experimentelle und hygienisch-statistische Untersuchungen, sowie durch exacte epidemiologische Studien festzustellen. Diese Bestrebungen sind im Hinblick auf das grosse praktische Interesse, welches sich an diese Frage knüpft, vollkommen begreiflich; handelt es sich doch bei jeder radicalen Aenderung der bestehenden Zustände, insoweit dadurch eine rationelle Beseitigungsart der städtischen Abfallstoffe angestrebt wird, um sehr bedeutende Ausgaben, ob man sich nun für dieses oder jenes der vorgeschlagenen Systeme entscheide. Allerdings kann das uns angeborene instinctive Gefühl, dass Reinlichkeit in unserer nächsten Umgebung für unser Wohlsein nothwendig sei, unter Umständen so mächtig werden, dass einzelne Städte sich allein unter dem Einflusse dieses Bewusstseins zur Durchführung ausserordentlicher und kostspieliger Maassregeln entschliessen, ohne einen directen Beweis für die sanitäre Bedeutung derselben zu verlangen. Mit einer solchen Lösung der Frage kann sich aber die wissenschaftliche Hygiene nicht begnügen; sie verlangt nach Thatsachen, welche einerseits die wirkliche Alteration der öffentlichen Gesundheit durch Bodenverunreinigung beweisen, andererseits den günstigen Einfluss der dagegen ergriffenen Maassregeln ausser Zweifel stellen würden.

Die vorhandenen Untersuchungen beziehen sich in erster Linie auf den Zusammenhang des Bodens mit gewissen Infectionskrankheiten, namentlich Abdominaltyphus und Cholera. Es ist hier nicht

der Ort, dem Ariadnefaden in das Labyrinth der Typhus- und Choleraätiologie zu folgen und zu zeigen, wie sich diese Lehre durch allmähliche Läuterung der Ansichten bis zu demjenigen Standpunkte herausgebildet hat, den sie gegenwärtig einnimmt. Wir erwähnen nur, dass sie ihre Entwicklung vorzugsweise Pettenkofer verdankt, der schon im Jahre 1856[1]) auf den Zusammenhang der Grundwasserschwankungen mit der Vorbereitung der Cholera, und in den Jahren 1865 und 1866[2]), im Vereine mit Buhl und Seidel, das gesetzmässige Zusammengehen der Typhusepidemien in München mit dem Sinken des Grundwasserspiegels nachgewiesen hat.

Gegenwärtig ist der Einfluss des Bodens auf die Verbreitung von Cholera und Darmtyphus mit einer an Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit dargethan, wenn auch diejenigen Processe, durch welche die Entwickelung des krankmachenden Agens im Boden begünstigt wird, vorläufig noch unbekannt sind. Wir wissen, dass ein undurchlässiger oder gut drainirter Boden, in welchem keine Fäulnissprocesse vor sich gehen, der Entwickelung von Cholera und Typhus ungünstig ist und dass diese Krankheiten nur an solchen Orten epidemische Verbreitung erlangen, welche auf einem durchlässigen Boden liegen, dessen obere Schichten mit organischen, fäulnissfähigen Stoffen durchtränkt und bis zu einem gewissen Grade befeuchtet sind. In einem Boden, der diesen Bedingungen entspricht, kann sich ein Substrat (Spaltpilz?) entwickeln, das in Verbindung mit dem eingeschleppten Typhus- oder Cholerakeime die Infection bewirkt und die epidemische Verbreitung der Krankheit begünstigt, — wobei es hier für uns gleichgültig ist, ob dieses von der Localität herstammende Agens sich mit einem vom Kranken gelieferten Keime zu dem eigentlichen Infectionsstoffe vereinige (Pettenkofer), oder ob das im Boden gebildete Substrat vom Organismus aufgenommen, denselben für das Gedeihen des Krankheitskeimes vorbereite (Naegeli). Zu nasser und zu trockener Boden sind der Entwickelung dieses Substrates ungünstig, wogegen Schwankungen im Durchfeuchtungsgrade und in der Temperatur der oberen Bodenschichten sowohl die Bildung desselben, als auch vermuthlich seinen Uebergang in die Luft begünstigen.

Die Frage, ob das Wasser der Stadtbrunnen als Träger der Typhus- oder Cholerakeime dienen könne, ist für uns, an dieser Stelle, irrelevant; wenn auch aus den Dejectionen der Kranken fertige Infectionsstoffe in den Boden und aus demselben mittelst des Brunnenwassers in den Organismus anderer Individuen gelangen könnten, so würde doch dieser Umstand in der Stellung der wissenschaftlichen Hygiene zur Städtereinigungsfrage nichts ändern, da es

---

1) Pettenkofer, Hauptbericht über die Choleraepidemie des Jahres 1854 im Königreich Bayern. S. 339 u. flgde. 1857.

2) Zeitschr. f. Biol. I u. II. 1865 u. 1866.

eine wesentliche Forderung an jedes Städtreinigungssystem ist, dass es keine Fäcalien in den Boden gelangen lasse.

Der Streit, welcher in Bezug auf die Bedeutung des Trinkwassers als Träger des Cholera- und Typhusgiftes schwebt, scheint sich übrigens nicht zu Gunsten einer activen Rolle des Trinkwassers zu entscheiden. Die hierüber von Pettenkofer[1]) auf Grund eingehender Studien geäusserten Anschauungen sind u. A. auch durch die Untersuchungen der Cholerakommission des deutschen Reiches[2]), sowie durch Flügge[3]) bestätigt worden. Es hat überhaupt den Anschein, als ob man den schädlichen Einfluss verunreinigten Trinkwassers vielfach übertrieben hätte: einen neuen und auffallenden Beweis hierfür liefern die Versuche Emmerich's[4]), bei denen sich herausstellte, dass der fortgesetzte Genuss von Wasser aus Münchener Stadtbächen, welches grosse Mengen von Abfallstoffen aus Küchen, Brauereien, Viehställen u. s. w. aufnimmt, dementsprechend viel Chlor, etwas Ammoniak und grosse Mengen organischer Stoffe enthält, also mit Recht als sehr verunreinigt betrachtet werden kann, im gesunden Organismus keine pathologischen Erscheinungen hervorbringt, und dass sogar ein bestehender Magen- oder Darmcatarrh, bei sonst entsprechendem Verhalten, dadurch nicht verschlimmert wird. Es wird eben immer wahrscheinlicher, dass wir die Infectionsstoffe nicht mit dem Wasser, sondern mit der Athmungsluft aufnehmen: abgesehen von zahlreichen epidemiologischen Erfahrungen, sprechen hierfür auch die directen Versuche Buchner's[5]) über die Infection von Mäusen mit Milzbrandgift durch die Lungen und vom Verdauungskanale aus, wobei sich ergab, dass die Milzbrandpilze durch die Athemwege äusserst leicht Infection bewirken, während die letztere vom Darmkanale aus nur ungemein schwierig zu Stande kommt.

Im Streite über die Zweckmässigkeit der verschiedenen Systeme der Städtereinigung ist vielfach versucht worden auf statistischem Wege zu beweisen, dass eine rationelle Entfernung der Abfallstoffe nebst Drainirung des Städtegrundes wirklich einen günstigen Einfluss auf die Verminderung der oben angeführten Infectionskrankheiten, sowie auch auf die Herabsetzung der Gesammtmortalität ausübe.

---

1) Pettenkofer, Ist das Trinkwasser Quelle von Typhusepidemien. Ztschr. f. Biol. X. S. 439.

2) Siehe hierüber den Ausspruch Hirsch's im 6. Hefte (S. 313) der Berichte der Cholerakommission für das Deutsche Reich.

3) Flügge, Zeitschr. f. Biol. XIII. p. 425. Flügge constatirte vollkommenes Fehlen eines Parallelismus zwischen der Bewegung der Typhussterblichkeit und der Verunreinigung städtischen Brunnenwassers in Leipzig.

4) Emmerich, Zeitschr. f. Biol. XIV. S. 563 u. flgde.

5) Buchner, Ueber die Bedingungen des Uebergangs von Pilzen in die Luft u. s. w. (Zur Aetiologie d. Infectionskrankheiten. Vorträge, gehalten in den Sitzungen des ärztl. Vereins in München. S. 293. 1881).

Hierher gehören die Angaben Buchanan's[1]), der im Auftrage J. Simon's die Gesundheitsverhältnisse von 24 englischen Städten untersuchte und vergleichende Zahlen gibt über die Mortalität vor und nach Einführung der sog. „Sanitätswerke" (sanitary works), unter welchen auf Wasserversorgung und Maassnahmen zur Reinhaltung des Untergrundes das Hauptgewicht gelegt wird. In Beziehung auf den Abdominaltyphus ergab sich, dass derselbe nach Durchführung der genannten Werke in 21 Städten um 33—75% abgenommen, in 3 Städten dagegen etwas zugenommen hatte. — Für München gibt Pettenkofer[2]) eine mit den Maassregeln zur Reinhaltung des Bodens von Abtrittstoffen und Abwässern Hand in Hand gehende Verminderung der Typhusmortalität von 2.42 pro mille (1852—1859) auf 1.66 (1860—1867) an, wobei zu bemerken ist, dass die Verordnungen behufs Verbesserung der Abtrittgruben und der Beginn der Sielbauten für die Entwässerung der Stadt auf die Jahre 1856—1859 fielen. — In Danzig begann mit dem Jahre 1872 eine auffallend rapide und sehr constante Verminderung des Typhusmortalität; dieselbe erfolgte, nachdem im Jahre 1869 die neue Quellwasserleitung, 1871 die Kanalisation in Betrieb gesetzt worden war.[3]) — In Frankfurt a. M. wurde von der Mitte der 70er Jahre an eine bedeutende Abnahme der Typhussterblichkeit bemerkt: während für je 5 Jahre der Zeit von 1854—1875 die Mortalität an Typhus zwischen 0.50 und 0.86 auf je 1000 Einwohner schwankte, betrug sie für 1876—1879 nur 0.21 pro mille.[4]) Die Vollendung der Kanalisation in Frankfurt fällt auf das Jahr 1872. — In Hamburg kamen auf 1000 Gestorbene jährlich Typhustodesfälle: für die 7 Jahre vor dem Beginne des Sieldaues (1838—1844) 48.5; für die 9 Jahre während der Ausführung der Siele (1845—1853) 39.5; für die ersten 8 Jahre nach vorläufiger Beendigung des Sielnetzes (1854—1861) 29.9; für die folgenden 8 Jahre (1862—1869) nur noch 22. Ferner betrug 1872—1874 die Sterblichkeit am Abdominaltyphus auf 1000 Lebende im Durchschnitt: für die völlig kanalisirten Stadttheile 2.6, für die grösstentheils kanalisirten 3.2; für die nicht kanalisirten ländlichen Districte 4.6.[5]) Bezüglich Münchens fand Soyka[6]), dass die Abnahme des Typhus eine verschieden grosse war, je nachdem der Stadttheil neu besielt oder nur mit alten schlechten durchlässigen Kanälen versehen war. Von 2 für den Typhus nahezu gleich disponirten Localitäten (Strassengruppen) zeigte die eine, mit alten schlechten Kanälen versehene, innerhalb der Jahre 1875/80 gegenüber 1866/80 eine Abnahme der Ty-

---

1) Buchanan, Ninth Report of the Medical Officer of Privy Council for 1866. London 1867.

2) Pettenkofer, Ueber die Abnahme der Typhussterblichkeit in der Stadt München u. s. w. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. VI. S. 239.

3) Soyka, Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände. S. 75. 1880.

4) Ang. bei Soyka, a. a. O. — Siehe auch: Varrentrapp, Offener Brief an Herrn Dr. Erhardt, ersten rechtskundigen Bürgermeister von München. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. XII. S. 558.

5) Sander, Handb. d. öffentl. Gesundheitspfl. S. 68.

6) Soyka, Untersuchungen zur Kanalisation. Zeitschr. f. Biol. XVII. S. 368.

phusmortalität von 17.1%, der analoge jedoch 1870—72 mit Sielen versehene Stadttheil eine Herabminderung um 42.2%.

Auch die Choleraepidemien haben, nach zahlreichen Angaben, an Intensität überall abgenommen, wo energische Maassregeln zur Reinhaltung des Untergrundes bewohnter Orte getroffen worden sind. Die Choleraepidemie der Jahre 1848/49 traf alle von Buchanan (l. c.) angeführten Städte noch in dem althergebrachten Zustande, wie er vor Einführung der sanitary works existirte; nur 7 dieser Städte blieben damals von der Krankheit befreit und in den meisten trat sie mit ziemlich bedeutender Intensität auf. Die Epidemie von 1854 fiel in eine Zeit, wo der Bau der Schwemmsiele in den englischen Städten schon begonnen hatte; damals blieben 10 von 24 Städten von der Krankheit ganz frei und in den übrigen trat sie in weit geringerer Heftigkeit auf als im Jahre 1848/49. Die Epidemie von 1866 endlich fand alle 24 Städte mit Schwemmsielen versehen, besuchte nur 6 derselben und erreichte in keiner Stadt eine irgendwie erhebliche Intensität. — Auch in Danzig ist man geneigt, das günstige Verhalten der Stadt während der letzten Choleraepidemie als eine Folge der Schwemmkanalisation zu betrachten.

Aber nicht nur Abdominaltyphus und Cholera, sondern auch die Lungenschwindsucht soll unter dem Einflusse der „Sanitätswerke" und speciell der Trockenlegung des Städtegrundes durch Drainage, seltener werden. Schon Bowditsch hatte nach Beobachtungen amerikanischer Aerzte in 325 Städten einen Zusammenhang der Schwindsucht mit der Bodenfeuchtigkeit constatirt, und zwar in der Weise, dass auf feuchtem Boden mit reichem organischem Leben die genannte Krankheit häufiger vorkommt als auf trockenem Boden.[1]) Sodann hat Buchanan[2]) in den von ihm untersuchten 24 Städten gefunden, dass im Allgemeinen die Austrocknung des Bodens mittelst tief gelegener Siele eine nicht unerhebliche Abnahme der Schwindsucht zur Folge habe: 9 Städte zeigten eine Abnahme der Phthise von 1—43% und der übrigen Lungenkrankheiten von 0—27%; in 10 Städten zeigte sich, gegenüber einer Verminderung der Phthise von 5—49%, eine Zunahme der übrigen Lungenkrankheiten von 3—28%; endlich in 5 Städten ergab sich Gleichbleiben oder Steigerung der Todesfälle durch Schwindsucht von 0—20%.

Buchanan hat sodann drei englische Grafschaften mit grossen Verschiedenheiten des Bodens, im übrigen aber ziemlich gleichmässigen Lebensverhältnissen, auf ihr Verhalten der Schwindsucht gegenüber untersucht[3]) und gefunden, dass die Sterblichkeit an dieser Krankheit um so grösser ist, je mehr Personen auf schwerdurchlässigem Boden leben, und dass auch diejenigen Districte, welche zwar einen an sich durchlässigen, aber

---

1) Beneke, Zur Aetiologie und Therapie der Lungenschwindsucht (Arch. d. Ver. f. wissenschaftl. Heilk. 1865. No. I u. II).

2) Buchanan, Ninth Report etc.

3) Buchanan, Tenth Report of the Medical Officer of Privy Council for 1867. London 1868. — Ref. siehe in der Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. I. 2. Heft, sowie bei Finkelnburg, Die öffentl. Gesundheitspflege Englands. S. 206 u. flgde. — Siehe auch Eigenbrodt, Die Städtereinigung zur Verhütung der steigenden Verunreinigung des Erdbodens unserer Wohnorte. 1868.

in Folge tiefer Lage beständig durchfeuchteten Boden besitzen, ebenfalls eine hohe Schwindsuchtsmortalität aufweisen. Der Procenttheil der auf schwer durchlässigem Boden wohnenden Bevölkerung steigt von 5 im Districte Hastings auf 70 im Districte Petworth, und dementsprechend erhebt sich in ziemlich constanter Reihenfolge die Zahl der Schwindsuchtsterbefälle auf je 1000 Einwohner zwischen 15 und 55 Jahren von 2.49 auf 4.62.

Nach Buchanan hat ferner in den betreffenden 24 Städten nach Einführung der Sanitätswerke auch eine merkbare Verminderung der Kindersterblichkeit im ersten Lebensjahre stattgefunden, und zwar betont er, dass gerade da, wo die Sterblichkeit der Kinder am schlimmsten gewesen sei, sich seither der stärkste Rückgang gezeigt habe; in einzelnen Städten allerdings hat eine Vermehrung der Kindersterblichkeit stattgefunden. In neuerer Zeit hat man auch von anderen Seiten den Zusammenhang der Sommerdiarrhöen der Kinder, die ja, wie bekannt, einen wesentlichen Beitrag zur Gesammtsterblichkeit des ersten Kindesalters liefern, mit Bodenverhältnissen betont, aber zuverlässige Beobachtungen hierüber sind unseres Wissens nicht vorhanden.

Endlich hebt Buchanan auch die Verminderung der Gesammtsterblichkeit durch die Sanitätswerke hervor. Die 24 englischen Städte, auf welche er sich bezieht, hatten vor Einführung der Sanitätswerke im Durchschnitt eine Mortalität von 24.7 auf 1000 Einwohner, nachher eine solche von 21.9, so dass also von je 1000 Einwohnern jährlich 3 weniger starben als früher. — Für die Stadt London ergibt sich ein ähnliches Verhältniss. Diese Stadt hatte im Durchschnitt in den Jahren[1]:

1840—1849	. . .	25.1	pro mille Todesfälle
1850—1859	. . .	24.1	„ „ „
1860—1869	. . .	24.3	„ „ „
1870—1879	. . .	23.0	„ „ „

Also im letzten Jahrzehnt, im Vergleich mit den 40er Jahren, eine Minderung der Gesammtmortalität von 2.1 pro mille, wobei nicht zu vergessen ist, dass wohl als die wesentlichste, im Laufe dieser Zeit vor sich gegangene Veränderung im sanitären Zustande dieser Stadt die Maassregeln zur Reinhaltung des Untergrundes und der Atmosphäre betrachtet werden müssen. — Die Sterblichkeit in Danzig war nach den Angaben Lievin's[2]) in den 7 Jahren von 1863—1869 durchschnittlich gleich 36.85 auf 100 Lebende[3]); nachdem jedoch im Laufe der Jahre 1869 und 1871 die neue Wasserleitung und die Kanalisation in Betrieb gesetzt waren,

---

1) Varrentrapp, Offener Brief u. s. w. A. a. O. S. 549.

2) Lievin, Die Mortalität in Danzig während der Jahre 1863—1869. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. III. S. 355.

3) Diese Sterblichkeit musste einem an andere Verhältnisse gewohnten Engländer so abnorm hoch vorkommen, dass der zum Entwurfe des Kanalisationsprojectes nach Danzig berufene Ingenieur Latham über diese Stadt schrieb: „Heutigen Tages kann man sagen, Danzig befindet sich in der Lage einer vom Feinde belagerten Stadt und dieser Feind ist — der Tod“. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. I. S. 168. 1869.

betrug die Gesammtmortalität der Stadt im Durchschnitt der Jahre 1872 bis 1876 nur 28.54 pro mille.[1]) — In Frankfurt a. M. ist zwar im Laufe der 70er Jahre, also nach Einführung der Kanalisation, die absolute Sterblichkeitsziffer allerdings grösser geworden, als sie in den Jahren 1840 bis 1870 war (21.2 pro mille gegenüber von 17.6 und 19.1 pro mille), was sich nach Varrentrapp[2]) durch die tiefgreifende Veränderung erklären lässt, welche die Bevölkerung der Stadt in den sie bildenden Elementen seit den Jahren 1864 und 1866 erfahren hat. Wenn man aber die bedeutende Vermehrung der Geburtsziffer in den letzten zwei Jahrzehnten berücksichtigt, so ergibt sich, dass die Mortalität der Stadt auch gegenwärtig nicht unbeträchtlich hinter der berechneten „normalen“ Sterbeziffer zurückbleibt.

Wenn nun einerseits alle die angeführten Beobachtungen wirklich für den wohlthätigen Einfluss sprechen, den die auf Reinhaltung des Untergrundes der Städte gerichteten Maassregeln auf die Gesundheitsverhältnisse der Bevölkerung ausüben, so ist andererseits nicht zu verhehlen, dass alle solche statistischen Angaben und die darauf gegründeten Schlüsse nicht ohne eine gewisse Vorsicht aufzunehmen sind. Dies gilt in erster Linie von den Untersuchungen Buchanan's, worauf schon vor längerer Zeit Virchow aufmerksam gemacht hat[3]), indem er aus den Buchanan'schen Tabellen selbst nachwies, dass die englische Nomenclatur der Krankheiten noch sehr schlecht sei und eine unsichere Grundlage für statistische Zahlen bilde. Namentlich gelten diese Einwürfe Virchow's den Angaben Buchanan's über die Verminderung der Sterblichkeit an Lungenschwindsucht. Aber auch der Einfluss der Sanitätswerke auf das gelindere Auftreten der Cholera scheint etwas weniger sanguinistisch aufgefasst werden zu müssen, als dies Buchanan gethan hat, denn es ist Thatsache, dass in ganz England die Choleraepidemien von 1854 und 1866 viel weniger Opfer forderten, als diejenige von 1848/49. Es betrug nämlich die Sterblichkeit an Cholera in ganz England[4]):

1848—1849	. . .	3.14 pro mille
1854	. . .	1.09 „ „
1866	. . .	0.68 „ „

Auch der Ausspruch Buchanan's über die Herabsetzung der Gesammtmortalität durch die Sanitätswerke muss sich eine gewisse

1) Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. IX. S. 350. 1877.

2) Varrentrapp, Offener Brief u. s. w. S. 562 u. flgde.

3) Virchow, Kanalisation oder Abfuhr? Eine hygienische Studie. S. 27. 32. 40 u. 68. 1869.

4) Virchow, a. a. O. S. 42.

Reduction gefallen lassen, denn es hat factisch seit 40 Jahren in England überhaupt eine Verminderung der Sterblichkeitsziffer stattgefunden, und zwar nicht nur in den Städten, sondern auch in den ländlichen Bezirken. Varrentrapp[1]) gibt hierüber folgende Zahlen; es kamen in England auf 1000 Einwohner Todesfälle:

	In England überhaupt	In den städtischen Bezirken	In den ländl. Bezirken
1847—1850	23.4	26.9	20.6
1851—1855	22.7	25.5	20.1
1856—1860	21.8	23.8	19.7
1861—1865	22.7	24.7	20.0
1866—1870	22.4	24.8	19.4
1871—1875	22.0	24.0	19.3
1876—1879	21.0	22.7	18.7

Ueberhaupt ist zu bemerken, dass im Allgemeinen die Beobachtungen, auf welche sich die Autoren stützen, wenn sie aus der Verminderung der Sterblichkeit im Ganzen oder speciell an Infectionskrankheiten den hygienischen Nutzen der Sanitätswerke beweisen wollen, die Forderungen, welche man an eine wissenschaftliche Analyse irgend einer Erscheinung stellen muss, selten genügen.[2]) So sind namentlich meist die Zeiträume der Beobachtung zu kurz und nicht selten allzu willkürlich zusammengestellt, so dass bei einer anderen, ebenso gerechtfertigten Configuration der Zahlen man auch abweichende Resultate erhalten würde. Sodann ist es bei der Complicirtheit der Verhältnisse, durch welche die Mortalitätsziffer grösserer Städte bedingt wird, äusserst schwer oder sogar unmöglich, den Einfluss aller übrigen Bedingungen, mit Ausnahme derjenigen, welche man gerade untersuchen will, auszuschliessen. Endlich ist noch darauf hinzuweisen, dass die nackte Sterblichkeitsziffer, ungeachtet ihrer grossen Bedeutung, doch kein untrüglicher Maassstab für die sanitären Zustände einer Stadtbevölkerung ist: Die Mortalität kann, wie dies oben für Frankfurt erwähnt wurde, ungeachtet einer unzweifelhaften Besserung der Gesundheitsverhältnisse im Allgemeinen, dennoch in Folge zufälliger Aenderungen in der Zusammensetzung der Bevölkerung gleichbleiben oder sogar zunehmen.

Hieraus folgt nun aber keineswegs, dass wir Alles beim Alten belassen sollen, denn einerseits ist es kaum zweifelhaft, dass ein mit Fäulnissproducten durchsetzter Boden, bei einem gewissen Grade

1) Varrentrapp, Offener Brief u. s. w. S. 548.

2) Siehe hierüber z. B. die allerdings sehr skeptisch gehaltenen Bemerkungen Flügge's (Beiträge zur Hygiene. S. 79—85. 1879).

seiner Durchfeuchtung, die Verbreitung verschiedener Infectionskrankheiten wirklich begünstigt, und andererseits erhält man aus dem vorliegenden Material immerhin den bestimmten Eindruck, wenn auch nicht die absolute, wissenschaftlich streng begründete Gewissheit, dass durch Reinhaltung des Städtegrundes von festen und flüssigen Abfallstoffen und durch Regelung der Durchfeuchtung der oberen Bodenschichten nicht nur Cholera und Typhus in ihrer Intensität und Extensität herabgesetzt werden können, sondern dass im Allgemeinen die Gesundheitszustände der Städte sich unter dem Einflusse dieser Maassregeln günstiger gestalten.

Im Hinblick auf diesen Standpunkt, den sowohl die Gesundheitslehre als auch die öffentliche Gesundheitspflege gegenwärtig einnehmen müssen, sowie mit Rücksicht auf die Wichtigkeit der hier berührten Frage, ist es sehr zu bedauern, dass Naegeli [1]) durch Aeusserungen, welche auf rein deductiven Schlussfolgerungen beruhen, seine wissenschaftliche Autorität zur Vertheidigung der Versitzgruben in die Wagschaale geworfen hat, — um so mehr, als seine, ohne jeglichen objectiven Nachweis hingeworfenen Behauptungen, dass eine geringere Verunreinigung eines nasstrockenen Bodens schädlich wirke, dass jedoch eine starke Verunreinigung wahrscheinlich eher günstige Folgen habe, dass ferner bei Epidemien jene Gegenden und Stadttheile sich relativ günstiger verhalten, in denen, ceteris paribus, die grösste dauernde Verunreinigung des Bodens sich finde, leider Anklang auch unter den Aerzten gefunden haben.[2]) Wie Soyka[3]) richtig bemerkt, finden sich in der Nähe von Versitzgruben neben Orten mit stärkerer Verunreigung auch immer Stellen, wo die Verunreinigung eine „geringere" ist. „Am Rande finden wir da die grösste Concentration, so gross vielleicht, dass in diesen Stoffen die Spaltpilze gar nicht leben können; aber die Verunreinigung zieht sich weiter, das Versitzende verdünnt sich allmählich mit der Entfernung, und wir bekommen in einem gewissen Umkreise alle möglichen Grade der Concentration, sodass der ursprünglich ungünstige Nährboden um diese Unrathsstelle herum recht wirksam werden kann."

---

1) Naegeli, Die niederen Pilze in ihren Beziehungen zu den Infectionskrankheiten und der Gesundheitspflege.

2) Ein interessantes Beispiel der Begriffsverwirrung, die in gewissen Kreisen durch die oben angezogenen Aeusserungen Naegeli's entstanden ist, liefert die Gesundheitscommission der Stadt Amsterdam, welche fast einstimmig zu dem Schlusse gelangte, dass eine wesentliche Bodenverunreinigung durch Versitzgruben nicht stattfinde, und dass überhaupt diese Gruben ein vollkommen unschädliches Institut seien. — Siehe hierüber die 7. Beilage zu dem III. Berichte über die Verhandlungen und Arbeiten der vom Stadtmagistrate München niedergesetzten Commission für Wasserversorgung, Kanalisation und Abfuhr. S. 75—80. 1879.

3) Besprechung des Naegeli'schen Werkes im Arch. f. experim. Patholog. u. Pharmak. Bd.

Nach dem Gesagten können die Aufgaben der öffentlichen Gesundheitspflege in Beziehung auf Städtereinigung, und somit auch diejenigen Anforderungen, welchen jedes hierzu vorgeschlagene System entsprechen muss, folgendermaassen formulirt werden:

Erstens: Reinhaltung der Erdoberfläche und des Untergrundes von festen und flüssigen Unrathstoffen jeglicher Art, und somit Verhinderung der Luftinfection durch schädliche Producte der im Boden vor sich gehenden Fäulnissprocesse.

Zweitens: Regulirung des Durchfeuchtungsgrades der oberflächlichen, über dem Grundwasser liegenden Bodenschichten; Trockenlegung der Fundamente und Kellersohlen der Häuser.

Diese beiden Aufgaben können durch folgende Maassregeln gelöst werden[1]:

1. Möglichst vollständige Isolirung aller flüssigen und festen Excremente vom Boden; möglichst rasche Entfernung derselben aus den Häusern und aus der Stadt, so dass von einer schädlichen Zersetzung dieser Abfallstoffe im Bereiche der Wohnungen nicht die Rede sein kann.

2. Sofortige Ableitung alles Abwassers aus Küchen, Waschküchen, Badestuben, gewerblichen Anlagen u. s. w., ohne dass dasselbe in Berührung mit dem Stadtgrunde käme.

3. Frühzeitige Entfernung aller festen Küchenabfälle, des Strassenkothes, der festen Fabrikrückstände, der Schlachthausabgänge u. s. w.

4. Sorge für richtigen Ablauf des Regenwassers, selbst von den niedrigst gelegenen Punkten der Stadtoberfläche.

5. Zweckmässige Drainage des Stadtgrundes.

Dazu kommt noch als 6. Punkt: möglichste Fernhaltung alles Unrathes von Flüssen, namentlich im Bereiche bewohnter Orte, und Unschädlichmachung desselben durch Ueberlieferung sämmtlicher düngenden Stoffe an bebautes Land.

Durch Einrichtungen, welche den hier aufgestellten Forderungen entsprechen, können wir mit Recht hoffen, nicht nur die örtliche und zeitliche Disposition des Städtegrundes zur Entwicklung specifischer Krankheitskeime oder der zu ihrer Einwirkung auf den menschlichen Organismus nöthigen Substrate bedeutend zu vermindern, sondern auch die Gesundheitsverhältnisse der Städte im Allgemeinen zu bes-

---

1) Siehe hierüber auch Varrentrapp, Die directen und indirecten hygienischen Aufgaben einer systematischen Städteentwässerung. Deutsch. Vrtljhrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. IV. S. 521.

sern. Es scheint uns aber verfrüht, Rechnungen darüber anzustellen, wie viele Menschenleben jährlich hierdurch gerettet werden könnten. Mit Recht hat Pettenkofer vor allzu rosigen Erwartungen gewarnt.[1])

IV.

Allgemeines über die verschiedenen Systeme der Städtereinigung.

Es ist natürlich, dass für eine so complicirte Aufgabe, wie sie ein gleichmässig ausgearbeitetes und vollkommenes System der Städtereinigung darstellt, sehr mannigfaltige Lösungen gesucht und empfohlen wurden, und man darf sich auch nicht wundern, dass es bis jetzt zu keiner einheitlichen Anschauung hierüber gekommen ist.

In der That sind die hierbei ins Spiel kommenden Interessen sehr verschiedener und theilweise einander diametral entgegengesetzter Natur[2]): ausser dem sanitären Standpunkt sind ja auch immer die Geldfrage und die örtlichen Bedingungen im Auge zu behalten. Auch die nationalökonomischen Bedenken, die sich an einen möglichen Verlust der im städtischen Unrath vorhandenen Düngstoffe knüpfen, dürfen nicht ganz vernachlässigt werden; leider nur ist diese, ursprünglich von Liebig[3]) im weitesten Sinne und im Interesse der ganzen Menschheit aufgeworfene Frage später ausschliesslich im Partei-Interesse ausgebeutet worden. — Es ist gewiss beruhigend, wenn wir aus dem Munde des ersten Bürgermeisters von München[4]) hören, dass die vorliegende Frage in erster Linie eine Frage der öffentlichen Gesundheit sei, dass die Geldfrage, wenn auch wichtig, so doch untergeordnet sei, und noch untergeordneter die landwirthschaftliche Frage. Allein die Gesundheitslehre wird hierdurch nicht von der moralischen Pflicht entbunden, bei allen ihren Vorschlägen den

---

1) Pettenkofer, Ueber den Werth der Gesundheit für eine Stadt. S. 28. 1872.

2) Sehr treffend schildert Virchow (Ueber die Kanalisation von Berlin. 1868. S. 46) die verschiedenen Interessen, welche bei der Frage über die zweckmässigste Reinigungsmethode der Städte eine Rolle spielen: „Jedes concurrirende Interesse, jede selbständige Arbeit bringt einen neuen Standpunkt für die Beurtheilung. Der Steuerzahler hat einen anderen Maassstab als die Verwaltung; der Hauseigenthümer sieht die Sache anders an als die Polizei. Aber auch die Landwirthschaft hat andere Interessen als die öffentliche Gesundheitspflege; die Chemie schiebt andere Seiten der Betrachtung in den Vordergrund als die Biologie. Erst allmählich, theils im Kampfe, theils im Zusammenwirken, werden die höheren versöhnenden Gesichtspunkte gefunden, welche als der Ausdruck der wissenschaftlichen Ueberzeugung des Zeitalters gelten können“.

3) Liebig, Agriculturchemie. 1843. Chemische Briefe. (Volksausgabe) 1865. S. 510.

4) Verhandlungen und Arbeiten der Münchener Commission. IV. Bericht. 1880. S. 90.

ökonomischen Standpunkt im Auge zu behalten und den sanitären Gewinn, den sie sich von der Durchführung gewisser Maassregeln verspricht, gegen die dadurch entstehende Belastung des Budgets der Städte abzuwägen, denn sehr oft kann durch einfachere und billigere Einrichtungen dasselbe Resultat erreicht werden wie durch kostspielige.

Zur Schilderung der einzelnen Methoden übergehend, welche für die Reinigung der Städte vorgeschlagen und in Anwendung gebracht worden sind, haben wir in erster Linie zu bemerken, dass die Schlagworte „Kanalisation" und „Abfuhr", welche zur Bezeichnung verschiedener Systeme üblich sind, nicht so verstanden werden dürfen, als ob in dem einen Falle aller Unrath einer Stadt durch Kanäle und Wasserspülung, im anderen durch Abfuhr auf der Achse beseitigt würde. Wenn man von „Kanalisation" spricht, so versteht man darunter ein einheitliches System unterirdischer Haus- und Strassenkanäle resp. Röhren, durch welche ausser den Fäcalien, alles Abwasser des Haushaltes und der Gewerbe, sowie auch das Regenwasser, in so weit es von Höfen und Strassen abläuft, ohne Aufenthalt aus der Stadt entfernt und zugleich der Städtegrund in entsprechender Weise drainirt wird; der Strassenkoth, die festen Abfälle aus Küchen, Ställen, Fabriken u. s. w. fallen auch an „kanalisirten" Orten der Abfuhr anheim. Unter einem „Abfuhrsystem" versteht man dagegen Einrichtungen, bei denen die Fäcalien in festen oder beweglichen Behältern aufgefangen und sodann von Zeit zu Zeit aus der Stadt entfernt werden. Es ist nach dem im vorigen Abschnitte Gesagten selbstverständlich, dass bei der „Abfuhr" der Fäcalien, damit dieselbe auf den Titel eines Städtereinigungssystems Anspruch machen könne, geradeso wie bei der „Kanalisation" für eine, die Reinhaltung des Bodens gewährleistende Ableitung des Haus-, Fabrik- und Strassenwassers gesorgt werden muss. Ein Abfuhrsystem, welches nur die menschlichen Dejectionen im Auge hat und sich damit begnügt, Boden und Luft vor der Verunreinigung mit Fäcalien zu schützen, während es die ungeheueren Mengen von städtischem Schmutzwasser ihrem Schicksale überlässt, oder dieselben in schlecht gebauten Kanälen alter Construction den Wasserläufen innerhalb der Städte zuführt, ist kein vollkommenes System der Städtereinigung. Dies muss um so mehr betont werden, als wir weiter oben gesehen haben, dass in Städten mit reichlicher Wasserversorgung die menschlichen Fäcalien nur etwas mehr als 1% der aus Wohnhäusern und gewerblichen Anlagen zu entfernenden Unrathsmassen ausmachen (wobei von Stalldünger, Strassenwasser, festen Fabrikabgängen u. s. w. abgesehen wird), während beinahe 99% derselben aus Schmutzwasser

anderweitigen Ursprunges bestehen. Dazu kommt noch, wie ebenfalls schon erwähnt wurde, dass dieses Schmutzwasser hygienisch durchaus nicht als gleichgiltig betrachtet werden kann, sondern gerade so gut als die Fäcalien vom Boden isolirt werden muss; seine rechtzeitige Entfernung ist deshalb als eine sehr wichtige Aufgabe der Städtereinigung hinzustellen, und darf auch dann nicht unberücksichtigt bleiben, wenn man sich für die Abfuhr der menschlichen Fäcalien entscheidet. Ebensowenig darf hierbei die Drainage des Städtegrundes vernachlässigt werden.

Mit dem soeben Gesagten ist nun von vornherein der Standpunkt gegeben, den die Gesundheitslehre bei Beurtheilung der verschiedenen Systeme der Städtereinigung einzunehmen hat. Nur wenn die gleichen, im Princip als richtig anerkannten Forderungen an alle Systeme gestellt werden, ist eine gleichmässige, gerechte Kritik der letzteren möglich; Ceteris paribus wird dann dasjenige System als das vorzüglichste anerkannt werden müssen, welches erlaubt, diesen Forderungen mit der geringsten Belastung des Gemeindesäckels gerecht zu werden. — Es muss noch erwähnt werden, dass thatsächlich bei den sog. Abfuhrsystemen, mit wenigen Ausnahmen, nur die regelmässige Abfuhr der menschlichen Fäcalien angestrebt wird, die Entfernung der Schmutzwässer aber vollständig in den Hintergrund tritt, weshalb wir unter der Rubrik „Abfuhranlagen“ keine vollkommenen Systeme der Städtereinigung, sondern nur verschiedene Methoden zur Entfernung und Unschädlichmachung der menschlichen Fäcalien treffen werden.

Die gegenwärtig gebräuchlichen Systeme und Methoden lassen sich folgendermaassen gruppiren:

Abfuhranlagen: Entfernung der menschlichen Dejectionen, oder wenigstens der Fäces, auf trockenem Wege.
- Abtrittgruben.
- Kästen oder Tonnen, mit und ohne Scheidung der flüssigen und festen Stoffe; Combination mit der Kanalisation; das sog. „Separate System“.
- Das pneumatische System Liernur's.
- Desodorations- und Desinfectionsanlagen: Erdkloset, Aschenkloset, Müller-Schür's Kloset u. s. w.
- Anhang: Methoden der Poudrettebereitung.

Das *Schwemmkanalsystem:* Entfernung der Abfallstoffe auf nassem Wege, mit Drainirung des Städtegrundes.

V.

Abfuhranlagen.

Die allgemeinen Anforderungen, denen ein Städtereinigungssystem mit Abfuhr der Fäcalien genügen muss, sind oben hinreichend erörtert worden, und wir erwähnen deshalb im Folgenden nur die speciellen Aufgaben, die aus der Natur der Abfuhrsysteme selbst erwachsen und deren Erfüllung unerlässlich ist, wenn eine wirklich geregelte Abfuhr stattfinden soll. Die Berliner gemischte Deputation für die Untersuchung der auf Kanalisation und Abfuhr bezüglichen Fragen, hat diese Voraussetzungen folgendermaassen formulirt[1]):

1. Beseitigung der Abtrittgruben,
2. Beseitigung der Wasserklosets,
3. Herstellung besonderer Abtrittseinrichtungen.

In der That sind nicht nur die eigentlichen Versitzgruben, sondern alle Abtrittgruben überhaupt (aus Gründen, die wir sofort erörtern werden) mit einem geordneten Abfuhrsysteme unverträglich. Es genügt also nicht, dass man bei Fortbestehen der bisherigen baulichen Einrichtungen einfach eine Abfuhr organisirt, sondern man müsste damit beginnen, die Abtrittgruben vollständig zu schliessen und die für die Aufstellung isolirter, fester oder beweglicher Behälter nöthigen baulichen Veränderungen zu treffen. Auch die Wasserklosets, wie sehr sie auch unseren Begriffen von Reinlichkeit und Comfort entsprechen und wie ungern wir sie vermissen möchten, müssen wohl in der Regel entfernt werden, da die Abfuhr des Spülwassers dieser Klosets aus finanziellen Gründen unmöglich ist.

Obgleich nun die Abtrittgruben vom hygienischen Standpunkt aus zu verwerfen sind, so werden sie doch schwerlich sehr bald vollständig verdrängt werden können, so dass hier eine Besprechung derselben nicht zu umgehen ist.

A. Abtrittgruben.

Lage und Bau. Die Abtrittgrube darf niemals unter bewohnten Räumlichkeiten gelegen sein, auch nicht direct an die Mauer eines Wohnhauses stossen; die gewöhnliche Einrichtung, dass die Fundamentmauer des Hauses zugleich auch als Wand der Abtrittgrube dient, ist durchaus zu verwerfen. Das Material, aus welchem die Grubenwände construirt sind, soll für Wasser möglichst undurchlässig sein: Hölzerne oder schlecht gemauerte Wände dürfen nicht geduldet werden; dieselben sollen aus Backstein mit Cementputz gemauert sein. Allerdings werden, wie die Untersuchungen Wolffhügels (s. oben) gezeigt haben, mit der Zeit auch solche Mauern

1) Virchow, Generalbericht. S. 85.

für Grubeninhalt durchlässig, durch Verbindung der Kieselsäure des Cementes mit den Alkalien der Fäcalien, — doch muss zugegeben werden, dass es möglich ist die Durchlässigkeit der Grubenwände auf ein Minimum zu reduciren, wenn man die Gruben klein macht und den Inhalt oft abführen lässt, wodurch die Zersetzungsvorgänge des letzteren, namentlich aber die Ammoniakentwicklung, bedeutend vermindert werden. Nach der Angabe Thorwirth's[1]) ist es am besten, wenn die Wände aus einer doppelten Schicht von hartgebrannten und glasirten Backsteinen bestehen, zwischen denen sich eine Lage von plastischem Thone befindet. Schon das Umgeben der Grubenmauern mit einer mehrere Zoll dicken Lehmschicht schützt das umliegende Erdreich wesentlich vor der Imprägnation mit Grubeninhalt. Der Rauminhalt der Gruben soll möglichst klein sein, damit nicht die faulenden Excremente Jahre lang in denselben angesammelt werden können. Je kleiner die Grube ist und je öfter sie entleert wird, desto vollkommener werden die mit ihrer Existenz verbundenen Uebelstände vermieden. Im Interesse einer möglichst vollständigen Reinigung der Grube ist es vortheilhaft, die Winkel abzurunden und den Boden nach Art eines umgekehrten Gewölbes zu vertiefen. Es ist wichtig, dass die Grube möglichst luftdicht zugedeckt sei: einerseits wird hierdurch das Regenwasser von derselben abgehalten, andererseits wird durch eine gute Bedeckung der gasförmige Inhalt der Grube weniger abhängig von den Luftbewegungen und den Schwankungen des Luftdrucks. Am einfachsten und zweckmässigsten ist der Verschluss mit einer gut eingepassten Eisenplatte; ist die Grube blos mit Brettern gedeckt, so muss auf die letzteren eine Lehmschicht aufgetragen werden.

Ventilation. Die gewöhnlichste, aber auch allerunzweckmässigste Art des Luftwechsels in den Abtrittgruben ist das unter dem Drucke der äusseren, kälteren Luft zu Stande kommende Aufsteigen des gasförmigen Inhaltes der Gruben durch die Abtrittröhren hinauf in die Wohnungen. Durch das Anbringen eines einfachen Dunstrohres im Scheitel der Grube wird dieser Vorgang nicht verhindert, sondern im Gegentheil begünstigt, da hierbei die äussere Luft leichten Zutritt zur Grube bekommt und die Grubengase durch die Abtrittröhre hinaufdrücken kann, was durch hermetisches Zudecken der Grube unmöglich gemacht wird.

Ueber die Quantitäten der Abtrittgase, mit welchen wir auf diese Weise unsere Häuser versehen, ist oben schon das Nöthige gesagt; die

---

1) Angeführt bei Roth u. Lex, a. a. O. I. S. 447.

Qualität der in den Abtrittröhren aufsteigenden Luft ist von Beetz[1]) untersucht worden; es ergab sich ein Gehalt an Kohlensäure von 2.88 bis 4.33 pro mille, an Ammoniak von 0.0087 bis 0.06 Mgrm. per Liter, nebst Spuren von Schwefelwasserstoff. Beetz hat auch den Sauerstoffverbrauch durch Grubeninhalt untersucht und gefunden, dass derselbe besonders gross war bei Ausschluss der Ventilation und wenn die Luft durch Schütteln in innigere Berührung mit dem Versuchsobjecte gebracht wurde; im letzteren Falle wurden in 8 Stunden 6.88 % Sauerstoff verbraucht, sodass die Luft nur noch 14.09 % enthielt; wurde die Flasche nicht geschlossen und nicht geschüttelt, so enthielt nach 20 Stunden die Luft immer noch 17.6 % Sauerstoff.

Die einfachste und beste Art der Ventilation einer Abtrittgrube besteht in der vielfach von Pettenkofer[2]) betonten Verlängerung des Fallrohres über das Dach hinaus, mit hermetischer Bedeckung der Grube, wobei es zweckmässig ist, im obersten Theile des Fallrohres eine Wärmequelle (Gasflamme) anzubringen und andererseits das Abtrittfenster offen zu halten. In diesem Falle kann auch dann, wenn sich Abtritte in mehreren Etagen übereinander befinden, keine Luft aus der Abtrittröhre in die Wohnungen eindringen, denn es findet eine direct entgegengesetzte Luftströmung statt: die durch die Abtrittfenster eintretende äussere, kältere Luft nimmt ihren Weg durch die Brillenlöcher in das Seitenrohr und wird sodann durch die immer von hinten nachdrängende Luft im Vereine mit den etwa aus der Grube aufsteigenden Abtrittgasen durch das erwärmte Fallrohr nach oben gedrückt, wo sie in die freie Atmosphäre abfliesst. Eine wesentliche Bedingung für regelmässige und genügende Wirkung dieser Ventilationsart ist, dass das Fallrohr auch über dem Abtritt der obersten Etage denselben Querschnitt behalte, den es weiter unten hat.

Das von d'Arcet vorgeschlagene System den Abtrittgrubenventilation beabsichtigt die Ableitung der Fäulnissgase durch ein Abzugsrohr, welches vom Scheitel der Grube bis über das Dach hinausgeführt wird, während im übrigen die Grube hermetisch zugedeckt ist. Dieses Ventilationsrohr lässt d'Arcet neben einem beständig warmen Schornsteine aufsteigen, indem er beide nur durch eine Blechwand trennt, wodurch im Abzugsrohr ein aufsteigender Luftstrom unterhalten wird; für das Abzugsrohr verlangt er einen Querschnitt, welcher wenigstens gleich der Summe der Querschnitte der unteren Oeffnungen der in die Grube einmündenden Fallrohre sein soll. Bei diesem System nimmt die durch die Abtrittfenster eintretende Luft, wie bei der von Pettenkofer vorgeschlagenen Methode, ihren Weg durch die beständig offenen Brillenlöcher; von da aber wird sie durch die nachfolgende Luft hinuntergedrückt, in die Abtritt-

1) Beetz, Ueber die Luft in Kanälen. Aerztl. Intelligenzblatt. 1877. No. 20.

2) Pettenkofer, Vorträge über Kanalisation und Abfuhr. 1876. 3. Vortrag.

grube, und aus der letzteren durch das Abzugsrohr hinauf, ins Freie. — Sander[1]) fand es zweckmässig, ein Blechrohr von hinlänglicher Weite aus der Grube nach dem bis zum Keller verlängerten Küchenschornstein zu führen, wobei auch zur Nachtzeit (wenn in der Küche kein Feuer brennt) ein auffallender Geruch im Hause nicht bemerkbar sein soll. Andere ziehen die Anbringung des zum Schornstein führenden Abzugsrohres unmittelbar unter dem Abtrittsitze vor. Jedenfalls ist es besser, wenn das Abzugsrohr eine eigene Wärmequelle besitzt und nicht auf die Wärme des Schornsteines angewiesen ist. Eine directe Verbindung der Ventilationsrohre mit dem Innern der Schornsteine sollte man vermeiden, weil es bei dieser Combination immerhin möglich ist, dass unter gewissen atmosphärischen Einwirkungen die Fäulnissgase durch den Schornstein hinunter in die Wohnungen steigen.

Die Fallrohre der Abtritte müssen im Wesentlichen eine vertikale Richtung haben, innen glatt und aus einem undurchlässigen Material hergestellt sein; Fallröhren von Holz durchtränken sich mit Jauche und sind nicht zu dulden; am besten empfehlen sich emaillirte gusseiserne Röhren oder glasirte Thonröhren. Der Winkel, welchen Seitenrohre mit dem Hauptrohre bilden, darf 25—28 Grad nicht überschreiten.

Das obere, trichterförmige Ende des Seitenrohres im Abtritt soll nach Vogt[2]) nicht die konische oder bauchige Form haben, welche man gewöhnlich antrifft. Die letztere ist nur zweckmässig für Wasserklosets; bei Abtritten ohne Wasserspülung muss die Hinterwand des Sitztrichters vertikal sein oder sogar nach unten etwas zurückweichen, damit nicht die festen Excrementmassen daran kleben bleiben können. Die Vorderwand des Trichters darf ebenfalls keine Ausbauchung haben und ihre Neigung muss eine möglichst starke sein, um den Abfluss zu beschleunigen. Um den niederfallenden Fäces eine möglichst geringe Ausbreitung zu gönnen und die Geschwindigkeit des die Wände abspülenden Harnes zu erhöhen, gebe man dem Trichter und dem sich daran anschliessenden Seitenrohre einen eiförmigen Querschnitt.[3])

Desinfection. Die Desinfection des Inhaltes der Abtrittgruben wurde namentlich als Schutzmittel gegen Epidemien empfohlen, zu einer Zeit, wo man die Keime von Cholera und Darmtyphus ausschliesslich in den Darmexcreten der Kranken vermuthete. Gegenwärtig haben sich die Ansichten über die Aetiologie von Typhus und Cholera wesentlich modificirt, die Rolle des Bodens ist mehr und mehr als unzweifelhaft erkannt worden und die Excremente haben die ihnen früher zugeschriebene Bedeutung als unmittelbarer Träger

---

1) Sander, Handb. d. öffentl. Gesundheitspfl. S. 343.

2) Vogt, Ueber Städtereinigung. 1873. S. 76.

3) Siehe hierüber auch Lipowsky, Ueber Entstehung und Einführung des Heidelberger Tonnensystems. S. 19. 1878.

des Typhus- und Choleragiftes in den Augen der Hygieniker verloren. Unsere Bestrebungen sind deshalb nicht mehr auf die Desinfection der Excremente gerichtet, sondern auf ihre Isolirung vom Boden und schleunige Entfernung aus der Nähe der Wohnungen. Dieser Umschwung in den Anschauungen über den hygienischen Werth der Desinfection der Excremente ist um so weniger zu bedauern, als die Desinfection, auch wo man sie, zur Zeit von Cholera- oder Typhusepidemien, practicirte, doch nirgends (vielleicht mit Ausnahme von Leipzig) in einer Weise gehandhabt wurde, die eine wirkliche Unschädlichmachung der vermuthlichen Krankheitsgifte garantirt hätte. Ihre Ausführung durch eigens hierzu angestellte Personen ist nämlich äusserst kostspielig und umständlich, und man hat sie deshalb allgemein den Hausbesitzern und Miethern überlassen, wodurch natürlich jede Controle unmöglich gemacht wurde. Wenn demnach die Desinfection des Abtrittgrubeninhalts als Mittel gegen die Verbreitung von Typhus und Cholera die ihr früher zugeschriebene Bedeutung verloren hat, so muss doch zugestanden werden, dass wir durch Anwendung zahlreicher chemischer Substanzen wesentliche Veränderungen in den Excrementen hervorbringen, modificirend auf die Menge und den Charakter ihrer gasförmigen Ausdünstungen einwirken und somit die Wohnungen, die mit Abtrittgruben versehen sind, bis zu einem gewissen Grade vor dem Eintritt der Abtrittgase schützen können.

Meine in dieser Richtung unternommenen Versuche[1]) haben gezeigt, dass z. B. Sublimat und Eisenvitriol die Ammoniak- und Schwefelwasserstoff-Entwickelung vollständig sistiren und die Abgabe von übelriechenden Kohlenwasserstoffen, flüssigen Fettsäuren u. dgl. sehr wesentlich beschränken; denselben Dienst leistet die Schwefelsäure; Zusatz von Kalkmilch ergab sehr starke Entwickelung von Ammoniak, in Bezug auf Schwefelwasserstoff und organische Substanzen verhielt sie sich wie die übrigen Mittel; die Gartenerde hielt das Ammoniak nicht vollständig zurück, sistirte dagegen die Abgabe von Schwefelwasserstoff und verhinderte in hohem Maasse die Abgabe übelriechender organischer Substanzen; Holzkohle zeigte eine ähnliche, aber weniger vollkommene Wirkung. Die Kohlensäureabgabe wurde durch alle chemischen Substanzen bedeutend vermindert, durch Gartenerde und Holzkohle aber vermehrt. Dasselbe gilt von der Sauerstoffaufnahme; der letztere Umstand deutet darauf hin, dass durch die chemischen Substanzen der organische Lebensprocess im Boden nicht unerheblich beschränkt und unter Umständen, wenigstens zeitweilig sistirt wird, während durch Mischung der Excremente mit Gartenerde und Holzkohle man denselben intensiver macht. Jedenfalls ist die Wirkung aller dieser Mittel, im Sinne einer Desodorisation der mit Gruben ver-

1) Erismann, Ztschr. f. Biol. XI. S. 207 u. flgde.

sehenen Abtritte, sehr ungenügend, namentlich wenn man sie mit dem Effecte der von Pettenkofer empfohlenen Ventilationsanlage vergleicht. Ausserdem wären die Kosten für eine richtig organisirte Desinfection des Abtrittgrubeninhaltes sehr beträchtliche, auch wenn man nur die Anschaffung der Mittel im Auge hat und von der Anstellung eines eigenen Personales für die Ausführung der Desinfection absieht. Im Vergleich mit der Auslage für die Ventilation des Fallrohres durch eine Gasflamme, würden sich nach Pettenkofer[1]) die Kosten für die Desinfection folgendermaassen gestalten:

	Menge der anzuwendenden Substanz für 30 Menschen im Jahr in Kilo	Kosten für 30 Menschen im Jahr in Mark	Kosten für 100000 Menschen im Jahr in Mark
Eisenvitriol . . .	270	46	150000
Carbolsäure . . .	276	189	630000
Gartenerde . . .	53400	159[2])	530000
Leuchtgas	3 K. F. in der Stunde	95	316700

Entleerung. Die Entleerung der Abtrittgruben wird an vielen Orten noch in äusserst primitiver Weise vorgenommen, indem einfach der Inhalt in bereit gehaltene Wagen mit Fässern ausgeschöpft wird. Hiermit sind wesentliche Uebelstände verbunden, indem einerseits bei grossen und schlecht ventilirten Gruben acute Vergiftungen der Arbeiter durch Abtrittgase, die vorwiegend Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium (le plomb) oder Ammoniak (la mitte) enthalten, zu Stande kommen[3]), andererseits die Städtebewohner durch üblen Geruch in Haus und Strasse ungemein belästigt werden; die Verordnung, dass die Gruben auf diese Weise nur bei Nachtzeit geleert werden dürfen, ist ein sehr mangelhaftes Palliativum.

---

1) Pettenkofer, Vorträge über Kanalisation und Abfuhr. 5. Vortrag.

2) Hierbei sind nur die Auslagen für die Zufuhr der Erde gerechnet.

3) Siehe hierüber: Parent-Duchâtelet, Hygiène publique. I. p. 373. 401 u. flgde. — Sodann auch Kraus u. Pichler, Encyclopäd. Handwörterbuch der Staatsarzneikunde. I. 1872. S. 199 u. flgde. — Eulenburg, Handb. d. Gewerbehygiene. 1876. S. 237. — Hirt, Gewerbekrankheiten, und Ziemssen's Handb. d. spec. Pathol. u. Therapie. I. — Interessant sind die durch einen bedauerlichen Unglücksfall in der Irrenanstalt Wernek veranlassten Untersuchungen Gudden's, welche zeigten, dass die Asphyxie bei der acuten Vergiftung mit Kloakengasen nicht von Sauerstoffmangel herrührt, da ein in die Grube hinuntergelassenes Feuer noch unmittelbar über dem Niveau der Flüssigkeit zu brennen fortfährt. Bemerkenswerth ist auch, dass kleine Thiere erst zu Grunde gehen, wenn man sie bis auf 1—2 Fuss dem Grubeninhalte nähert; offenbar erhebt sich das deletäre Gasgemisch nur bis zu einer gewissen und zwar nicht bedeutenden Höhe. Obgleich nun gegenwärtig Unglücksfälle mit Kloakenreinigern selten vorkommen, so ist es doch gerathen Gruben, welche lange geschlossen waren, erst zu besteigen, nachdem sie vorher tüchtig und längere Zeit (einige Stunden) ventilirt worden sind (Pettenkofer, Vorträge über Kanalisation und Abfuhr. 8. Vortrag).

Ein wesentlicher Fortschritt besteht in der Entleerung der Gruben durch Pumpvorrichtungen, wobei der flüssige Theil des Grubeninhaltes vermittelst Saug- und Druckpumpen, die von Hand oder mit Dampfkraft in Bewegung gesetzt werden, durch Schläuche in die zur Abfuhr bestimmten Fässer befördert wird.

Es sind verschiedene Systeme solcher Pumpen im Gebrauch: so z. B. die von Mesdagh angegebene sog. „Priesterpumpe“ (Pompe aspirante et foulante), die rasch und sauber arbeitet. Die Schläuche sind von Kautschuk, aussen mit Segeltuch übernäht; am Anfang des Schlauches befindet sich zur Vermeidung von Verstopfungen ein Sieb von konischer Form. Ebenfalls viel gebräuchlich ist die sog. New-Yorker Pumpe von Schiettinger; dieselbe ist ähnlich einer Dampfmaschine mit 2 liegenden Cylindern construirt.[1]) — Auch auf hydropneumatischem Wege werden die Abtrittgruben geleert. Die hierzu gebräuchlichen Apparate bestehen aus einem sog. Kesselwagen aus Eisenblech, welcher vermittelst einer Dampfmaschine mit Wasserdampf gefüllt und hierdurch nahezu luftleer gemacht wird; stellt man sodann die Verbindung des Fasses mit der Grube her, so werden die Fäcalmassen durch Luftdruck in das Fass übergeführt. Wo es möglich ist, den Apparat nahe an die Grube heranzubringen, ist diese Entleerungsmethode sehr zweckmässig; muss dagegen ein langer Schlauch bis zur Grube hin gelegt werden, so geht die Entleerung schwieriger vor sich, weil alsdann die Kraft des Vacuums im Fasse durch die Anwesenheit von Luft in dem langen Schlauche wesentlich beeinträchtigt wird. — Auf pneumatischem Wege, und zwar in zufriedenstellender Weise, geschieht gegenwärtig beispielsweise die Entleerung der Abtrittgruben in Stuttgart und Strassburg[2]), in ersterer Stadt mit den Apparaten der Firma Klotz in Stuttgart, in Strassburg theilweise vermittelst des Systemes Talard, theilweise mit den Apparaten von Philippot und Keller. Beim ersteren wird das Vacuum im Fasse durch eine Dampfluftpumpe, bei dem letzteren ein Dampfstrahlapparat benutzt, welcher die Luft mit der Dampfgeschwindigkeit aus dem Fasse mit fortnimmt. In beiden Städten dürfen die Grubenräumungen nur am Tage stattfinden, weil hierbei die Handhabung einer grösseren Reinlichkeit erzielt wird. — Um bei diesen Entleerungsmethoden der Abtrittgruben die Verbreitung eines üblen Geruches durch die entweichenden Gase zu vermeiden, hat man mit den Entleerungsapparaten die Verbrennung der Gase verbunden. Zu diesem Zwecke leitet man bei Apparaten, die von Hand in Bewegung gesetzt werden, die Gase durch einen besonderen Ofen mit glühenden Kohlen; um hierbei Explosionen der Gase im Fass selbst zu vermeiden, fügt man in die Fass und Feuerstelle verbindende Röhre Drahtnetze ein; die Geruchlosigkeit ist hierbei, wie die Erfahrung mit den Klotz'schen Maschinen beweist, nur bei besonderer Sorgfalt der Arbeiter zu erreichen. Der von Pappenheim vorgeschlagene Holztrichter, in welchem Sägespähne liegen, die mit Chlorkalklösung oder Salzsäure befeuchtet sind,

1) Beschreibung und Abbildung dieser Pumpen finden sich bei Salviati, Röder und Eichhorn a. a. O.

2) Münchener Berichte. III. 1878. S. 80 u. flgde.

ist wohl selten zur Anwendung gekommen. Wo zur Erreichung des Vacuums im Fasse eine Locomobile benutzt wird, wie in Strassburg, ist die Geruchlosigkeit leicht zu erreichen, indem man die Gase durch das Feuer der Maschine verzehren lässt. — Wo keine vollständige Entleerung des festen Grubeninhaltes durch die Pumpvorrichtungen erfolgt, muss derselbe mit Handgeräthen weggeräumt werden.

Jedenfalls beweisen die Beispiele von Strassburg und Stuttgart, dass die Entleerung von Abtrittgruben auf eine Weise vorgenommen werden kann, welche weder belästigend, noch mit sanitären Nachtheilen verbunden ist. Als wesentlichen Gewinn in sanitärer Beziehung muss man ferner den Umstand bezeichnen, dass in Stuttgart der Grubeninhalt nur zum geringsten Theil in Sammelbehälter gebracht, sondern grösstentheils sofort an die Landwirthe verkauft und per Achse oder per Bahn verfrachtet wird. Endlich ist die Bestimmung, dass die Grubenentleerung nicht durch den Hausbesitzer veranlasst, sondern in genau abgemessenen Zeiträumen durch die städtische Latrinenverwaltung, resp. den Unternehmer vorgenommen wird, sehr empfehlenswerth.

Man hat für Abtrittgruben auch Einrichtungen vorgeschlagen, welche erlauben den flüssigen Inhalt der Gruben vom festen zu trennen, wodurch nachgewiesenermaassen die Fäulnissvorgänge wesentlich beschränkt werden. Man baut z. B. besondere Gruben für Harn und Koth und leitet den ersteren aus der Kothgrube durch ein unmittelbar an dem leicht geneigten Boden derselben beginnendes Rohr in die etwas tiefer gelegene zweite Grube ab[1]; oder man theilt die Abtrittgrube in zwei Hälften, entweder durch eine senkrechte durchlöcherte Wand, oder aber durch eine massive Scheidewand, die nicht ganz bis auf den Boden reicht, sondern an ihrem unteren Ende auf einem gemauerten Gittergewölbe ruht.[2] Hierbei ist immer die Gefahr vorhanden, dass sich der Diviseur, namentlich wenn er aus einem porösen Steingewölbe besteht, durch Excremente, Papierfetzen u. dgl. verstopfe, was mit grossen Unannehmlichkeiten verbunden sein kann. Wenn man also Theilung der flüssigen Fäcalbestandtheile von den festen anstrebt, ist es jedenfalls besser, die Gruben durch bewegliche Behälter (Tonnen) zu ersetzen.

In Paris, wo die Einrichtung der Separateurs in den Abtrittgruben, mit Ablauf des vorher desinficirten flüssigen Inhaltes in die Strassensiele, eine Zeitlang gestattet war, hat man unangenehme Erfahrungen mit diesem System gemacht; namentlich ist die Leerung der Abtheilung für den Koth, da sie nur von Hand, mit der Schaufel, geschehen kann, gefährlich und hat viele Unglücksfälle verursacht.[3] — Das Abtrittgrubensystem von

1) Roth und Lex, Handbuch der Militärhygiene. I. S. 454.

2) Eulenberg, Handbuch der Gewerbehygiene. S. 203.

3) Bürkli, a. a. O. S. 12. — Siehe auch: Note du directeur des travaux de Paris etc., Artikel „vidange“ p. 57. 1879. — Die Beschreibung der Pariser Ab-

Schleh [1]), dessen Eingenthümlichkeit in Vorrichtungen zur Absorption der Grubengase (Schwefelwasserstoff und Ammoniak durch Eisenvitriollösung, Kohlenwasserstoffe und Fettsäuren durch conc. Schwefelsäure) besteht, hat seiner Complicirtheit wegen wenig Aussicht auf praktischen Erfolg.

B. Das Tonnensystem.

Die directe Einleitung der menschlichen Entleerungen aus den Abtrittröhren in bewegliche Behälter und die Abfuhr der letzteren ist bereits 1786 von Giraud und Geraud unter dem Namen der Fosses mobiles empfohlen und in Paris in ziemlich ausgedehnter Weise angewendet worden [2]), namentlich seit im Jahre 1867 den Hausbesitzern definitiv gestattet wurde, gegen Erlag von jährlich 30 frs. pro Fallrohr, die Abflusswässer aus den mit Trennungsvorrichtungen versehenen Tonnen (tinettes filtrantes) direct in die Strassensiele abzulassen, unter der Voraussetzung, dass das Haus an die städtische Wasserleitung angeschlossen sei. Man unterscheidet bewegliche Behälter (Tonnen, Kästen) ohne oder mit Trennung der festen und flüssigen Substanzen.

a. Kästen und Tonnen ohne Trennungsvorrichtungen.

Die allgemeinste Anforderung, welche vom sanitären Standpunkte aus an das Tonnensystem gestellt werden muss, ist die Reinhaltung der Luft in Haus und Hof und des Stadtgrundes. Die Detailforderungen lassen sich folgendermaassen formuliren:

1. Herstellung einer Latrinenkammer von angemessener Grösse mit undurchlässigem Boden;
2. Beschaffung von Tonnen entsprechender Grösse aus undurchlässigem Material;
3. genauer Anschluss der Tonne an das Fallrohr;
4. permanente Ventilation der Abtritte und des Fallrohrs;
5. regelmässige Abfuhr und Auswechslung der Tonnen;
6. hermetischer Verschluss beim Transport;
7. möglichste Vermeidung von Fäcaliendepots, und Vorsorge für rechtzeitige Abnahme des Tonneninhaltes durch Landwirthe.

---

trittgruben mit Separateurs findet man auch in einem Aufsatze von Grassi, Annales d'hygiène publique. 1858. p. 259.

1) Schleh, Fäcal-Reservoir mit Absorptionsvorrichtung und fester Entleerungsleitung. Auch beschrieben bei Wiehl und Gnehm, Handb. d. Hygiene. S. 497. 1880.

2) Schülke, Gesunde Wohnungen. S. 205. 1880.

Form, Grösse und Zahl der Tonnen. Die primitivste Form überirdisch angebrachter Behälter, wie sie z. B. in den Kasernen von Karlsruhe und Rastatt existiren[1]), entspricht den soeben angeführten Forderungen keineswegs. Die Excremente werden daselbst einfach in grossen, über dem Niveau der Erde gelegenen Reservoiren (von 3600 Liter Inhalt) aus Eisen oder Holz aufgefangen, die jeden Abend in sog. Kastenwagen entleert werden können. Zu diesem Zwecke befindet sich am vorderen Ende des Reservoirs, im Boden desselben, eine mit einem langen und starken Holzstöpsel verschliessbare Oeffnung, aus welcher die Excremente in den darunterstehenden Kastenwagen ausfliessen. Reservoir und Kastenwagen müssen natürlich ganz wasserdicht sein, und es muss sorgfältig darüber gewacht werden, dass das erstere nicht zu voll werde und überlaufe. Es ist deshalb beim Gebrauch dieser Verrichtungen eine strenge Aufsicht nothwendig, wie sie wohl in Kasernen, aber nicht in Privatgebäuden erreicht werden kann. Für letztere sind so grosse Reservoire schon aus dem Grunde nicht zu empfehlen, weil sie eine absolute Reinigung erschweren, und weil es zu lange dauern würde, bis sie gefüllt sind, so dass die Excremente ebenso gut Gelegenheit hätten die Luft ihrer Umgebung zu verpesten wie bei der Existenz von Abtrittgruben. Man hat deshalb für Privathäuser kleinere Fässer oder Tonnen eingerichtet, die nicht an Ort und Stelle umgeleert, sondern abgeführt und durch leere, gereinigte Tonnen ersetzt werden. Diese Tonnen sind entweder von Holz, innen verkohlt und getheert, oder von verzinntem Eisenblech.[2]) Sie besitzen oben im Deckel eine Oeffnung, in welche das aus eisernen oder glacirten Thonröhren hergestellte Fallrohr des Abtrittes genau hineinpasst; zur Sicherheit können die Fugen noch mit Lehm verstrichen werden.

Eine jedenfalls gute, wenn auch für kleinere Verhältnisse vielleicht zu complicirte Art einer luftdichten Verbindung der Tonne mit dem Fallrohr hat Vogt[3]) angegeben: Die Tonne steht auf einem Rollwagen, der durch eine besondere Vorrichtung, je nach Bedürfniss, um etwa 12 Ctm. gehoben und gesenkt werden kann. Die Tonne selbst hat einen schmalen Hals, der nur einige Ctm. weiter ist als das Fallrohr, und oben einen flachen Rand. Bei der Hebung der Tonne dringt das Fallrohr 3—4 Ctm. tief in den Hals der Tonne hinein und der flache Rand des Halses wird

---

1) Varrentrapp, Ueber Entwässerung der Städte. S. 32.

2) In Augsburg werden in neuerer Zeit Petroleumfässer verwendet (Verhandlungen und Arbeiten der Münchener Commission. III. S. 79); ebenso in Rochdale (Mitgau, Bericht über die in Berlin u. s. w. eingeführten Systeme der Städtereinigung. S. 38. 1880).

3) Vogt, Ueber Städtereinigung. S. 70. 1873.

an einen Kautschukring gepresst, welcher unten an einem eisernen Ring befestigt ist, der an dieser Stelle das Fallrohr umgibt.[1]) In Heidelberg wird die hermetische Verbindung der Tonnen mit dem Fallrohre durch ein Schieberrohr hergestellt.[2])

Man gibt den Tonnen meist die Form eines stehenden Cylinders, hat aber auch solche von Fassform. Ihre Grösse ist verschieden: sie beträgt in Paris 100—300 Liter, in Augsburg 150—300 Liter, in Graz 120—280 Liter; für Privathäuser werden gegenwärtig allgemein Tonnen von 105—110 Liter Cubikinhalt empfohlen (Heidelberg); dieselben sind grösseren Tonnen vorzuziehen, weil hierdurch die Ansammlung von Fäcalien in den Häusern beschränkt wird. — Die Tonnen können entweder zu ebener Erde oder in gemauerten Gruben, im Souterrain etc. aufgestellt werden; nicht selten wird man genöthigt sein frühere Abtrittgruben, Ehegräben u. s. w. als Latrinenkammern zu benutzen; in Heidelberg sind Tonnen auch in Hausgängen aufgestellt.

Ueber die Frage, ob jeder Abtritt jeder Etage seine eigene Tonne haben müsse, oder aber eine gemeinsame Tonne für alle übereinanderliegenden Abtritte aufgestellt werden solle, wurden verschiedene Ansichten geäussert. Die Berliner gemischte Deputation war der Ansicht, es müsste jede Wohnung ihre eigene Tonne besitzen; sie begründete diese Forderung hauptsächlich damit, dass in Folge des Ableitens der Excremente aus allen Etagen in eine einzige Tonne die Fallröhren selbst, an deren innerer Fläche ja natürlich immer Theile der Fäcalien haften bleiben, zu einer Quelle der Verpestung für die Luft des Hauses würden. Die Deputation gibt zu, dass durch zweckmässige Ventilation der Fallröhren dieser Uebelstand vermieden werden könne, fürchtet aber, es möchten bald Klagen über Verunreinigung der Strassenluft entstehen, wenn jedes Haus die übelriechenden Gase aus seinen Tonnen der freien Atmosphäre zuführen würde.[3]) Dieser Anschauung gegenüber hat in der Praxis die schon früher von Bürkli vertretene Aufstellung einer gemeinsamen Tonne für die Abtritte verschiedener Etagen den Sieg davongetragen. In der That wäre bei Aufstellung von Einzeltonnen das häufige Betreten der Wohnungen durch die mit Auswechslung und Abfuhr der Tonnen beschäftigten Arbeiter sehr lästig; ausserdem wäre unter diesen Umständen ein verspätetes Abholen der Tonnen vom grössten Nachtheil, weil sie dann in der Wohnung selbst

1) In England, wo die Abtritte gewöhnlich in besonderen Häuschen zu ebener Erde eingerichtet sind, gestalten sich die Verhältnisse viel einfacher als in unseren Continentalstädten, weil hierbei hohe Fallrohre überflüssig werden; meist fehlen sie ganz. Zustände, wie sie in Graz existiren, wo der aus vier Brettern zusammengefügte Abtrittschlauch durch einen hölzernen Trichter, den man in die Oeffnung im oberen Boden des Fasses gesteckt, mit dem letzteren verbunden wird, sind als sehr mangelhaft zu bezeichnen.

2) Lipowsky, a. a. O.

3) Virchow's Generalbericht. S. 86.

überlaufen würden; ferner müsste sich bei Vermehrung der Tonnen die Zahl der Bewohner, welche jede einzelne Tonne benutzen, entsprechend vermindern, wodurch die Füllungszeit verlängert und der Vortheil einer häufigeren Abfuhr verloren gehen würde. Endlich dürfte die Aufstellung der Tonnen in den Wohnungen selbst mit oft unüberwindlichen Schwierigkeiten in Beziehung auf Herstellung der nöthigen Räumlichkeiten verbunden sein und müsste das Auswechseln und Abholen so vieler Tonnen die Kosten der Abfuhr in hohem Maasse steigern.

Die Ventilation der Tonnen wird am zweckmässigsten in derselben Weise bewirkt wie die Ventilation der Abtrittgruben, d. h. durch Verlängerung des Fallrohres über das Dach hinaus, wobei aber darauf zu achten ist, dass das Rohr auch über dem Abtritt der obersten Etage sich nicht verengere, sondern in der nämlichen Weite nach oben sich fortsetze. Eine im oberen Ende der Rohres angebrachte Gasflamme muss die Luftströmung aus der Wohnung durch die Brillenlöcher ins Fallrohr und durch dasselbe hinauf in die freie Luft fortwährend unterhalten. Besondere Dunstrohre sind weniger zuverlässig, auch wenn sie, sei es nun in der von Vogt[1]) vorgeschlagenen oder in irgend einer anderen Weise, in innige Berührung mit den Rauchrohren der Kochherde gebracht werden; sie wirken nur so lange, als die Rauchrohre warm sind. Zum Schutze gegen conträre Windrichtungen kann das Fallrohr, wenn es in der genannten Art als Ventilationsrohr eingerichtet ist, mit dem „Ventilationshute“ Vogt's versehen werden, welcher, nach der Ansicht seines Erfinders, auch da noch mit Vortheil zur Ventilation der Latrinen benutzt werden kann, wo gar keine Wärmequelle zu diesem Zweck zu Gebote steht.[2]) Das Aufsteigen der Tonnengase in die Wohnungen kann auch dadurch verhindert werden, dass man im Fallrohr unmittelbar über der Tonne, einen siphonartigen Wasserverschluss anbringt, wie dies z. B. in Heidelberg geschehen ist. Dieser Luftabschluss wird namentlich dann gute Dienste leisten, wenn der Abtritt mit Wasserspülung versehen ist, so dass sich im Siphon nicht Kothmassen befinden, sondern Spülwasser.

Sehr wichtig ist die Organisation der Abfuhr und die Auswechslung der Tonnen. Es kann natürlicherweise keine Rede davon sein, dass die Tonnen durch einzelne Landwirthe oder sog. „Grubenräumer“ nach Belieben abgeholt werden, sondern die Auswechslung und Abfuhr der Tonnen muss durch grössere Unternehmer unter der Aufsicht der Behörde geschehen. Es ist sorgfältig

1) Vogt, Ueber Städtereinigung. S. 77.
2) Vogt, a. a. O. S. 78 u. flgde.

darüber zu wachen, dass die Tonnen nicht überlaufen[1]); auch sollte die Auswechslungsfrist nicht zu gross sein. In der Regel sollten die Tonnen wenigstens zweimal wöchentlich gewechselt werden; doch richtet sich der Abholungstermin nach der Zahl der eine Tonne benutzenden Individuen.

In Heidelberg wird durchschnittlich in einem Hause mit einer Bevölkerung von 15—20 Personen, unter der Annahme, dass solche täglich 30 Liter Excremente erzeugen, die Tonne an jedem dritten Tage abgeholt. In diesem Verhältniss bestimmt sich für alle Häuser der Umgang der Abfuhr. Für einzelne Häuser, welche Wasserklosets haben, findet eine öftere Abfuhr statt. Für jedes Haus, in dem Tonnen abgeholt werden, ist im Verzeichnisse des Aufsehers der Tag der Abfuhr genau eingetragen. — Bei der Auswechslung wird einfach die volle Tonne weggenommen, luftdicht zugeschlossen und durch eine andere, reine Tonne ersetzt. In Heidelberg befindet sich in jedem Tonnenraume ein Kästchen mit Asche; bei Auswechslung der Tonnen haben die Abfuhrleute in den Abschlussring der ausgewechselten Tonne Asche einzustreuen.

Da es nur in Ausnahmefällen und unter besonders günstigen Verhältnissen möglich sein wird, den Dünger sofort nach seiner Entfernung an Landwirthe zu verkaufen oder sonstwie zu verwerthen, so hängt mit der Abfuhr der Excremente durch Tonnen nothwendig die Einrichtung eines Depot zusammen, wo dieselben vor der Hand abgelagert werden können. Diese Reservoirs, deren Zahl und Grösse durch die Localverhältnisse bedingt wird, dürfen nicht in der Nähe menschlicher Wohnungen angelegt werden, da sie die Luft der Umgebung durch übelriechende Ausdünstungen in hohem Maasse verpesten.

In Paris wurden die Uebelstände, welche das innerhalb der Festungswerke gelegene Fäcaldepot von Montfaucon hervorrief, mit der Zeit so gross, dass dasselbe aufgegeben und in das Wäldchen von Bondy am Canal de l'Ourcq, ungefähr 7 Kilometer ausserhalb der Festungswerke, verlegt werden musste. An einer der Abfuhrstationen in Augsburg, die 3 verhältnissmässig kleine Fäcalbehälter von je nur 30 Cbm. enthält, macht sich aus den entleerten Tonnen ein ziemlicher Geruch geltend, obgleich das Gebäude mit Ventilationskaminen versehen ist.[2]) Wo möglich, sollten solche Reservoirs auch nicht auf der Westseite der Städte, unter dem herrschenden Winde, angelegt werden.

Unter allen Umständen befinden sich Städte mit geregelter Tonnenabfuhr der Fäcalien in nicht geringer Verlegenheit in Bezug auf

1) An den Tonnen in Heidelberg befinden sich sog. Ueberlaufröhrchen, und ist vor denselben ein metallenes Ueberlaufgefäss aufgestellt. Diese Vorrichtung soll hinreichenden Schutz gegen Verunreinigung des Tonnenraumes gewähren, falls durch Unachtsamkeit eine Ueberfüllung der Tonnen eintreten sollte.

2) Verhandlungen und Arbeiten der Münchener Commission. III. S. 80.

die Verwendung der abgeführten Excremente. Wie schon angeführt, ist namentlich in grösseren Städten auf eine regelmässige Abnahme von Seite der Landwirthe nicht zu rechnen, — die Zubereitung künstlichen Düngers in Poudrettefabriken rentirt sich, wie wir weiter unten sehen werden, nur äusserst selten, und die Aufbewahrung in den Depots hat auch ihre Grenzen. So kommt es denn schliesslich dazu, dass man die mit vielen Kosten, und namentlich im Hinblick auf die Interessen der Landwirthschaft sorgfältig gesammelten und abgeführten Excremente grösstentheils in den nächsten Wasserlauf ausschüttet, nur um sich ihrer zu entledigen. Dies geschieht z. B. factisch in Graz, dessen Tonneneinrichtungen so lange von gewissen Seiten als mustergiltig gepriesen wurden.[1])

Die mit einer auch nur halbwegs gut organisirten Tonnenabfuhr verbundenen Kosten sind ziemlich bedeutende.

Bürkli berechnet dieselben pro Kopf und Jahr, unter sehr niedrigen Annahmen, auf etwas mehr als 7 frs.[2]) — Der Berliner Magistrat berechnete die jährliche Belastung des städtischen Budgets im Falle der Einführung des Tonnensystems im Jahre 1871 (für 750000 Einwohner) auf 1.767.460 Thaler, d. i. 7 Mark pro Kopf und Jahr.[3]) Factisch stellte sich bei speciellen Nachforschungen, die in Berlin vorgenommen wurden, heraus, dass in keinem einzigen Hause für den Inhalt der Tonnen etwas bezahlt wird, oder auch nur, dass die Tonnen unentgeltlich abgeholt würden; die jährliche Ausgabe der betreffenden Häuser für Tonnenabfuhr schwankte zwischen 6 und 125 Thaler. — In Manchester stellen sich, unter Ausschluss der in den Häusern der Wohlhabenden befindlichen Wasserklosets, die Kosten der Abfuhr von Hausabfällen und Fäcalien auf mehr als 3 Mark pro Kopf und Jahr.[5]) — In Graz betragen dieselben, bei der sehr mangelhaften Abfuhr, etwa 2 Mark.[6]) — Auch in Heidelberg decken die Einnahmen des Tonnenvereins die Ausgaben noch nicht, trotz der Bemühungen Mittermaier's und trotz der günstigen Verhältnisse für sofortige und vollständige Abnahme der Fäcalstoffe durch ein Consortium von Landwirthen[7]); es wird sogar von manchen Seiten die Befürchtung ausgesprochen, der Preis des Düngers möchte bei Ausdehnung des Tonnensystems auf die ganze Stadt nicht unerheblich sinken. Wenn andererseits

1) Schauenstein, Die Abfuhr der Auswurfsstoffe und die Gesundheitsverhältnisse in Graz. Bericht, erstattet in der 48. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Graz. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. VIII. S. 248.

2) Bürkli, a. a. O. S. 134.

3) Fortschritte der Kanalisation Berlins. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. VI. S. 362.

4) Virchow, Generalbericht. S. 98 u. flgde.

5) Mitgau, a. a. O. S. 47.

6) Schauenstein, a. a. O. S. 252.

7) Verhandlungen und Arbeiten der Münchener Commission. III. S. 83.

die Abfuhreinrichtungen in den Kasernen von Karlsruhe und Rastatt einen Erlös von durchschnittlich 2—3 Mark pro Kopf und Jahr geben, so erklärt sich dies durch ausschliessliche Verhältnisse, die wohl für einzelne öffentliche Anstalten eintreten, aber schwerlich allgemeine Geltung für grössere Städte erlangen können. Dies geht schon daraus hervor, dass die Hausbesitzer in Karlsruhe für ihren Latrineninhalt nichts bezahlt bekommen.[1])

Es ist noch zu erwähnen, dass bis jetzt das Tonnensystem ohne Scheidung der Excremente in feste und flüssige Stoffe in keiner grösseren Stadt Deutschlands allgemeine Verbreitung erlangt hat: in Heidelberg, wo die Tonnenabfuhr in sehr vollkommener, so zu sagen typischer Weise ausgebildet ist, waren im Jahre 1877 von 1500 Häusern 180 mit Tonnen versehen; in Augsburg fanden sich zu jener Zeit in 973 von ca. 4000 Häusern Tonnen vor.[2]) In München scheiterte, wie bekannt, der Plan der partiellen Einführung des Tonnensystems, nachdem er durch die königl. Regierung bereits genehmigt war, an der Unmöglichkeit, die regelmässige Abnahme des Tonneninhaltes durch Landwirthe zu organisiren.[3])

In England gibt es allerdings grosse Städte, die ihre Fäcalien auf der Achse abführen. So z. B. besitzt Manchester, bei einer Bevölkerung von 368.000 Einw. und 70.570 Häusern, neben 10.000 Wasserklosets und und 1300 Abtrittgruben mehr als 55.000 Kübelabtritte; Rochdale, mit ca. 71.300 Einw. und 15.000 Häusern, hatte im Jahre 1879 gegen 9500 Kübelabtritte.[4]) Es wäre aber sehr fehlerhaft, aus diesen Zahlen Schlüsse auf die Zweckmässigkeit allgemeiner Einführung der Tonnenabfuhr machen zu wollen, denn die Abtritteinrichtungen in Manchester und Rochdale lassen sich mit dem in Heidelberg, Augsburg u. s. w. eingeführten Tonnensysteme durchaus nicht vergleichen. Bekanntlich erlaubt die Bauart englischer Städte und die Wohnungseinrichtung der Engländer die Herstellung der Abtritte in gesonderten Häuschen auf den Höfen, was wohl in deutschen Städten aus zahlreichen Gründen unthunlich wäre. Sodann sind die zur Aufnahme der Fäcalmassen bestimmten Behälter nicht Tonnen im eigentlichen Sinne des Wortes, sondern einfache Kübel, und die ganze Anlage entspricht überhaupt mehr dem Begriffe eines Klosets mit Desinfectionsvorrichtung, wie wir sie weiter unten kennen lernen werden, als demjenigen eines Tonnensystems. Endlich ist noch zu erwähnen, dass in beiden englischen Städten nur ein geringer Theil des Harns der Abfuhr in Kübeln unterliegt.

---

1) Varrentrapp, Entwässerung der Städte. S. 34.

2) Münchener Berichte. III. Beil. VI. — Gegenwärtig sind in Heidelberg 250 Tonneneinrichtungen vorhanden (Mittermaier, Das Tonnensystem als Mittel zur Reinhaltung des Bodens, der Luft und der Flüsse. Vierteljahrsschr. f. ger. Med. u. öff. Sanitätswesen. 1880. p. 108).

3) Münchener Berichte. IV. p. 133.

4) Mitgau, a. a. O. S. 37 u. flgde.

b. Tonnen mit Trennung der festen und flüssigen Stoffe; Verbindung der Tonnen mit Strassenkanälen.

Die Schwierigkeiten und die bedeutenden Kosten, mit denen die regelrechte Tonnenabfuhr der gesammten menschlichen Fäcalien in grösseren Städten verbunden wäre, hat fast überall, wo Tonnen existiren, den Wunsch hervorgerufen, den Harn, welchem man unrichtigerweise eine geringere sanitäre Bedeutung zuschrieb als den Kothmassen, von den letzteren zu trennen und den Strassensielen zuzuführen. Man hat zu diesem Zwecke zahlreiche Tonnenconstructionen in Vorschlag gebracht, ohne dass jedoch bis jetzt das Ziel erreicht worden wäre, welches sich das Tonnensystem in diesem Falle stellen muss: möglichst vollständige Trennung des flüssigen Unrathes vom festen und Zurückhalten aller derjenigen Bestandtheile des Harns, welche der Landwirthschaft nützlich, jedoch in gesundheitlicher Beziehung nicht indifferent sind. Wird aber dieses Princip aufgegeben, so ist selbstverständlich der Grundgedanke des Abfuhrsystems durchbrochen. — Wohl am meisten ist in Beziehung auf Tonnen mit Theilungsvorrichtungen in Paris experimentirt worden. Nach Bürkli ist daselbst am gebräuchlichsten die sog. „tinette filtrante“ mit dem Apparat Richer. Es ist dies eine aus galvanisirtem Eisenblech bestehende Tonne mit einer senkrecht stehenden, durchlöcherten Scheidewand. Der Koth wird zurückgehalten, der Harn dagegen fliesst durch eine am Boden befindliche Ausflussröhre ab, entweder in eine andere Tonne oder in den Strassenkanal. Diese Einrichtung hat den grossen Nachtheil, dass Flüssigkeiten und feste Massen erst getrennt werden, nachdem sie sich in der Tonne schon vermischt hatten, und dass immerhin ein ziemlich bedeutender Theil feinerer, suspendirter Stoffe mit der Flüssigkeit durch das Sieb hindurchgeht, da ja die Löcher desselben, um nicht einer raschen Verstopfung ausgesetzt zu sein, nicht all zu eng sein dürfen. Belicard und Chenaux haben eine Einrichtung angegeben, welche die eben genannten Uebelstände vermeiden soll.

Zur Trennung der Flüssigkeiten von den festen Stoffen schon vor ihrer Vereinigung in der Tonne wird hier die Eigenschaft der Flüssigkeit benutzt, an den Wandungen der Fallröhre herunterzufliessen, während die festen Stoffe mehr direct in die Tonne fallen. Unmittelbar über der letzteren befindet sich am Fallrohr eine Erweiterung; wenn die Flüssigkeit dieselbe erreicht hat, folgt sie den ausgebogenen Wandungen, wird dann von einer horizontal verlaufenden Röhre aufgenommen und durch dieselbe in eine besondere Tonne oder in den Strassenkanal abgeleitet, während die Fäces durch die senkrechte Fortsetzung der Fallröhre in die für sie

bestimmte Tonne gelangen. Schon aus der hier beschriebenen Construction ist ersichtlich, dass der Zweck der Trennung durch diese Einrichtung nur unvollkommen erreicht wird; grössere Wassermassen, der Inhalt von Nachttöpfen u. s. w., auf einmal ausgeleert, gelangen wohl vorzugsweise in die für Kothmassen bestimmte Tonne. — Wustandt[1]) hat eine Einrichtung für Trennung von Harn und Fäces angegeben, bei welcher der erstere an der vorderen Wand des Fallrohres herunterlaufen und sodann durch eine besondere Rinne nach dem für ihn bestimmten Behälter abfliessen soll; der Inhalt von Waschgeschirren, Nachttöpfen u. s. w. wird ebenfalls auf besonderen Wegen dem Behälter zugeleitet. Für einzelne Gebäude mag eine solche Einrichtung unter Umständen passend sein, aber es war wohl kaum die Absicht ihres Erfinders sie zu ausgedehnterer Anwendung in Städten zu empfehlen.

Man hat auch Diviseure verfertigt, die aus zwei concentrischen Cylindern bestehen, von denen der innere durchlöchert ist, nicht bis auf den Boden des äusseren reicht und von den Wänden desselben 4—5 Cm. absteht. Die festen Excremente bleiben im inneren Cylinder, der mit dem Fallrohr in directer Verbindung steht, zurück; die Flüssigkeit, die sich im unteren Raume des äusseren Cylinders ansammelt, kann entweder in das Strassensiel oder in ein besonderes, aus harten Steinen mit Cementmörtel gemauertes Reservoir abgelassen und aus demselben entweder mit Handpumpen oder auf pneumatischem Wege entfernt werden; wenn der innere Cylinder mit Excrementen angefüllt ist, wird er ausgewechselt.[2])

Nach der Angabe Varrentrapp's kommt es bei diesen Tonnensystemen mit Trennung der festen und flüssigen Excremente in der Praxis niemals vor, dass der abgetrennte Urin für sich allein aufbewahrt und nachher zur Verwendung in der Landwirthschaft abgeführt würde. Auch die Berliner gemischte Deputation ist zu der Ueberzeugung gelangt, dass man kein Tonnensystem vorfinden könne, bei dem aller Harn in Tonnen gesammelt und abgefahren werde, da die Kosten dafür unerhört sein würden; ein sehr beträchtlicher, ja wahrscheinlich weitaus der grösste Theil des Harns, werde unter allen Bedingungen in die Strassenkanäle gelangen.[3])

Systematisch ist der Abfluss des Harns aus den Tonnen organisirt in Zürich, wo das Tonnensystem für die Abfuhr der festen Excremente

1) Angeführt bei Roth u. Lex, a. a. O. I. S. 455.

2) Kaftan, Die systematische Reinigung u. Entwässerung der Städte. S. 50.

3) Vogt (a. a. O. S. 48) macht hiegegen darauf aufmerksam, dass in Mailand der Harn der öffentlichen Pissoirs seit 1869 durch eine Privatgesellschaft in Petroleumfässern gesammelt und den Landwirthen verkauft werde; in der Zeit, wo keine Nachfrage nach Urin sei, werden der Stickstoff und die Phosphate desselben niedergeschlagen und der Centner trockenen Niederschlags zu 20 frs. verkauft.

neben einem nach englischem Vorbilde angelegten Sielsystem besteht. Die Einrichtungen sind musterhaft: die Abtritte sind fast überall mit Wasserspülung und Klappenverschluss versehen; die von Eisenblech gemachte Tonne hat, behufs der Separation, im Innern eine durchlöcherte Scheidewand und unten eine Abflussröhre, welche mit dem Kanaleinlauf verbunden wird; um den Rücktritt der Gase aus den Kanälen abzuhalten, befindet sich zwischen Tonne und Kanaleinfluss ein Wasserverschluss (Siphon); die Gase aus der Tonne können nur durch das über's Dach hinausreichende Fallrohr entweichen; die Tonne ist mit dem Fallrohr durch einen leicht löslichen, aber hermetischen Verschluss verbunden.[1])

Die schwache Seite der soeben geschilderten und aller ähnlichen Systeme, wie gut auch ihre Einrichtung und wie glatt auch ihr Betrieb immer sein möge, liegt offenbar darin, dass hier das quantitative Verhältniss des in den Tonnen zurückgehaltenen Kothes zu den in Schwemmkanälen abgeführten flüssigen Excrementen und Abwässern, sowie auch die sanitäre Bedeutung der letzteren, nicht richtig gewürdigt werden: die Nothwendigkeit einer Drainage des Stadtgrundes und einer regelmässigen Ableitung aller Schmutzwässer wird anerkannt und ein diesen Zwecken entsprechendes Sielsystem hergestellt; man sieht auch die Unmöglichkeit ein, unter grösseren Verhältnissen den Urin in Tonnen zurückzuhalten und abzuführen, und lässt ihn desshalb den Strassensielen zufliessen; man steht endlich nicht an, die Schmutzwässer mit dem Urin dem Flusse zuzuführen, aber man fürchtet, die Verunreinigung des Wasserlaufes durch den Koth allzusehr zu steigern und führt desshalb den letzteren nicht ohne erhebliche Kosten für Einrichtung und Betrieb dieses Doppelsystems in Tonnen ab.

Wir werden weiter unten, bei Besprechung des Schwemmkanalsystems, noch näher auf diesen Gegenstand einzugehen haben; hier wollen wir nur erwähnen, dass der soeben angedeutete und, wie es scheint, gegenwärtig allgemein anerkannte Missstand zu vielfachen Versuchen geführt hat, den aus den Tonnen in die Siele abfliessenden Urin seiner offensiven Bestandtheile zu berauben und die letzteren, die ja wesentlich aus stickstoffhaltigen Substanzen bestehen, für die Landwirthschaft zu gewinnen. Leider sind diese Bemühungen bis jetzt ohne durchschlagenden Erfolg geblieben[2]), und es ist desshalb vollkommen begreiflich, dass Städte,

---

1) Wiel u. Gnehm, Handbuch der Hygiene. S. 499.

2) Hierher gehören z. B. die Verfahren von Mosselmann, Petri und eine Menge anderer Methoden, deren wir theilweise im Abschnitte über Klosets mit Desinfection, theilweise bei Besprechung der Poudrettefabrikation erwähnen werden. Das Torfgrus, mit dessen Hilfe man nach dem Vorschlage Liebig's den Harn seines Stickstoffgehaltes auf billige Weise berauben zu können hoffte, hat sich hierzu als untauglich erwiesen (s. Kerner bei Varrentrapp, Entwässerung der Städte. S. 199 u. flgde.).

wie Paris und Zürich, nach und nach zur Anwendung ihrer Schmutzwässer für die Berieselung übergehen; es ist auch zu erwarten, dass diesem ersten Schritt der zweite folgen werde — die Beseitigung der Tonnen und die Einleitung der gesammten Fäcalmassen in die Siele.

C. Das Separatsystem.

Unter der Bezeichnung „Separate system of sewage" versteht man gewöhnlich in England eine Einrichtung, bei welcher das Regenwasser von den Strassensielen abgehalten wird und den letzteren nur die Fäcalien und Schmutzwässer zulaufen. Man hält es unter diesen Umständen für möglich, das in besonderen Rinnen und Kanälen abfliessende, verhältnissmässig wenig verunreinigte Regenwasser direct in die Flüsse ablaufen zu lassen, während das Kloakenwasser zur Berieselung von Land verwendet wird.[1]) Triebfeder für die Entstehung dieses Systems war die Ueberlegung, dass man hierbei weit geringere Mengen von Kloakenflüssigkeit aus den Städten zu entfernen und für weit unbedeutendere Rieselflächen zu sorgen haben werde. — Aber man ist später in der Trennung noch weiter gegangen und hat ein Separatsystem construirt, bei welchem, ausser dem Regenwasser, von den Strassensielen auch die menschlichen Excremente abgehalten, in Tonnen aufgefangen und durch Abfuhr entfernt werden.

In England ist dieses letztere Separatsystem vorzüglich von dem Birminghamer „Sewage Enquiry Comitee" empfohlen worden, und zwar fast ausschliesslich mit Rücksicht auf die hierbei zu erzielende Verminderung der Kosten für Ankauf von Land zur Berieselung.[2]) Das Comité schlägt vor: 1. allmähliche Abschaffung der Abtrittgruben, Einführung eines neuen Abtrittsystems, basirt auf dem Princip des Ausschlusses der Excremente von den Kanälen, und wöchentliche Abfuhr der in Tonnen gesammelten Excremente; 2. Sammlung und Abfuhr der Rückstände und Abfälle von Schlachthäusern, Viehmärkten, Pissoirs und Ställen; 3. Ausschluss der Fabrikabwässer von den Kanälen, insofern diese Abwässer nicht von ihren für die Berieselung nachtheiligen Beimischungen befreit sind; 4. Trennung des Regenwassers vom Kanalwasser und Ablassen des ersteren direct in den Fluss; 5. Ankauf von Land zur Berieselung mit dem Kanalwasser.

Auf dem Continente ist dieses Separatsystem hauptsächlich von Vogt[3]) vertheidigt worden, der es als „Abirrung der Technik" bezeichnet, die so inconstanten Mengen von sanitär inoffensivem Regenwasser gleich behandeln zu wollen, wie die städtischen Gebrauchswässer, deren Menge,

---

1) Parkes, A Manual of practical Hygiene. 4. Aufl. p. 360.

2) Lefeldt, Der gegenwärtige Stand der Abfuhr- und Kanalisationsfrage in Grossbritannien. S. 78 u. flgde.

3) Vogt, Ueber Städtereinigung.

entsprechend dem zugeleiteten Quellwasser, nur zwischen verhältnissmässig engen Grenzen schwanke. Ausserdem schreibt Vogt der Ansammlung der Excremente in Tonnen einen grossen nationalöconomischen Vorzug vor der Schwemmkanalisation mit Berieselung zu, indem sie dem kleinen Landwirthe den Gebrauch des städtischen Düngers ermögliche, während der Inhalt der Schwemmkanäle ausschliesslich Speculanten in die Hände falle. Sein Ideal der Städtereinigung fasst Vogt in folgenden Sätzen zusammen:

1. Tiefgehende Drainirung des Baugrundes;
2. Oberirdische Ableitung der atmosphärischen Niederschläge;
3. Unterirdische Ableitung von allem öffentlichen und privaten Gebrauchswasser durch ein isolirtes, enges Kanalnetz;
4. Abfuhr der unvermischten Excrementalstoffe und deren Zerstörung durch landwirthschaftliche Verwendung;
5. Entfernung aller schädlichen Gase und unangenehmen Gerüche durch rationelle Ventilation der Entstehungsherde.

Vogt betont die Billigkeit der Herstellung eines solchen Systems im Vergleiche mit der Schwemmkanalisation. Durch Berechnungen, die übrigens auf theilweise willkürlichen und nicht zutreffenden Annahmen beruhen, kommt er zu dem Schlusse, dass bei gesonderter Ableitung des Regenwassers der Durchmesser der zur Ableitung der Schmutzwässer bestimmten Siele $8^2/_5$ mal, der Querschnitt 71 mal kleiner sein könne als bei Schwemmkanälen mit Aufnahme des Regenwassers; dementsprechend sollte beim „getrennten System“ die Herstellung des laufenden Meter Strassenkanal 23 mal billiger zu stehen kommen als beim Schwemmsystem.

Es ist hier nicht der Ort auf eine specielle Kritik dieser Vorschläge einzugehen; aber um wenigstens Anhaltspunkte zu einer objectiven Beurtheilung derselben zu geben, wollen wir erwähnen, dass Vogt bei der Berechnung des Querschnittes der Schwemmkanäle die Nothwendigkeit der Abfuhr einer Wassermenge annimmt, welche einer Regenhöhe von 42 Mm. per Stunde entspricht, während z. B. bei der Anlage der Berliner Schwemmkanäle als Maximum eine Regenhöhe von 23 Mm. per Stunde gedacht und angenommen ist, dass nur ein Drittel dieser Menge gleichzeitig abgeführt werden müsse, so dass sich ein factischer Abfluss von nur 7.7 Mm. ergibt, wobei ausserdem noch zu berücksichtigen ist, dass die Kanäle von weitaus dem grössten Theile dieses Wassers sehr rasch wieder durch Nothauslässe entlastet werden und der Entfernung durch die Siele selbst nur eine Menge unterliegt, die einer Regenhöhe von etwa 1 Mm. in der Stunde entsprechen würde.[1] Ferner wird von Vogt unberücksichtigt gelassen, dass es in den meisten Städten Strassen gibt, deren Terrainverhältnisse eine oberirdische Entwässerung unmöglich machen, so dass auch das Regenwasser, wenn es nicht in den Bo-

1) Bericht der Münchener Commission. Beil. VII zum III. Bericht. S. 39.

den versinken soll, durch Kanäle von entsprechendem Querschnitt abgeführt werden muss, ein Umstand, der die ganze Kostenberechnung Vogt's illusorisch macht; dazu kommt noch, dass auch die durch Einrichtung und Betrieb der Fäcalienabfuhr verursachten Kosten nicht in Rechnung gebracht werden.

Das Separatsystem kann demnach nur unter ganz bestimmten Localverhältnissen in Frage kommen; ein allgemein zu empfehlendes Städtereinigungssystem ist es nicht.

Hierher scheint man auch das Breyer'sche Gashochdrucksystem rechnen zu müssen[1]), das von seinem Erfinder sehr kühn als ein neues Städtereinigungssystem empfohlen wird, das „den Anforderungen an die Beseitigung der Unrath- und Abfallstoffe in Städten in Bezug auf Annehmlichkeit und sanitäre Bedingungen gewiss weit besser werde entsprechen können wie alle bisher gehandhabten Systeme". Der Grundgedanke besteht in der durch einen ziemlich complicirten Mechanismus und unter dem Druck mehrerer Atmosphären zu bewerkstelligenden Trennung der suspendirten Theile der Städtejauche von den flüssigen vor dem Eintritt der Unrathsmassen in die Strassensiele, wobei die festen Stoffe in Poudretteziegel verwandelt werden, die Flüssigkeit aber, nachdem sie vorher durch überhitzten Wasserdampf desinficirt worden, in die von Breyer vorausgesetzten Kanäle abfliesst. Dieser Vorschlag verdankt seine Entstehung vermuthlich dem Wunsche, die in schlecht gebauten Sielen oft starke und sehr lästige Sedimentirung zu vermeiden; in Verbindung mit regelrecht hergestellten Schwemmkanälen, in denen die Sedimentirung sehr gering ist, würde das Verfahren Breyer's eine ganz unnöthige Complication darstellen.

D. Das pneumatische System Liernur's (Differenzirsystem).

Es ist schwierig, eine zutreffende Beschreibung dieses Systems zu geben, erstens, weil es nirgends in allen seinen Theilen zur Ausführung gekommen ist und zweitens, weil auch derjenige Theil desselben, um den es sich hier wesentlich handelt, seit den ersten damit angestellten Proben von dem Erfinder fortwährenden Modificationen unterzogen worden ist. Die ersten Beschreibungen desselben in deutscher Sprache rühren von Laurin[2]), Volger[3]) und Glöckner[4]) her; doch wird von Liernur nur die letztere als im Allgemeinen richtig anerkannt. Der Erfinder selbst setzt die leitenden Principien seines Gesammtsystems in einer Weise auseinander, welche erkennen lässt, dass er von der Nothwendigkeit einer

---

1) Breyer, Die Beseitigung der Abfallstoffe durch das Gas-Hochdruck-System. Wien 1881.

2) Laurin, Das Liernur'sche System. Prag 1869.

3) Volger, Die Schwemmsielfrage angesichts des Liernur'schen Abfuhrverfahrens mit Saugsielen. 1869.

4) Glöckner, Die wirkliche Bedeutung der Versuche zur Einführung der pneumatischen Kanalisation zu Prag. 1869.

geregelten Städtereinigung nach den oben dargelegten Grundsätzen überzeugt ist und die einschlägigen Forderungen der Gesundheitslehre anerkennt. Er verlangt Reinhaltung des Bodens und der Wasserläufe von städtischem Unrath, rechtzeitige Entfernung des letzteren, mit Verwendung für die Landwirthschaft, und Drainage des Städtegrundes. Sein System besteht theoretisch aus folgenden vier separaten Vorrichtungen[1]:

1. Siel- oder Kanalanlagen, womöglich radial bezüglich des städtischen Weichbildes angelegt, ausschliesslich für Haus- und Regenwasser, nachdem dasselbe mittelst verbesserter Schlammkasten möglichst von Strassen- und Hauskehricht gereinigt ist;

2. Anlage einer separaten Röhrenleitung zur Entfernung aller Fäcalstoffe, incl. derjenigen der öffentlichen Pissoirs und Aborte, durch Luftdruck (erzeugt mittelst stationärer Dampfmaschine) als Bewegkraft, und ferner versehen mit allen nöthigen Apparaten, besagte Stoffe entweder in flüssigem, aber möglichst unverdünntem Zustande transportfähig, oder in Form einer daraus verfertigten Poudrette verwendbar zur landwirthschaftlichen Verwerthung zu erhalten. Um die Einführung zu erleichtern, werden während des Baues, resp. im Anfang des Betriebes, locomobile Luftpumpen und Tenderwagen benutzt; nach Vollendung fallen die mit Pferden zu transportirenden Apparate aber alle weg;

3. Anlage von Controleinrichtungen bezüglich der Reinigung von Effluvien aus Fabriken und Gewerben, wofür deren Producenten haftbar gemacht werden (nur das Wasser darf in die städtischen Kanäle abfliessen);

4. Separatanlage zur Regulirung des Grundwassers.

Durch die Ausführung eines solchen Programms könnte nun allerdings den Forderungen des Städtereinigungsproblems vom sanitären Standpunkt aus Genüge geleistet werden, obgleich man, der Complicirtheit der vorgeschlagenen Einrichtungen halber, wohl nicht mit Unrecht an der practischen Ausführbarkeit derselben zweifeln kann. In der That ist denn auch bis jetzt nur ein Theil dieses Systems, und zwar in bescheidenem Maassstabe, zur Durchführung gelangt, nämlich die Entfernung der Fäcalien auf pneumatischem Wege, die eine Modification des Abfuhrverfahrens darstellt. Von dieser Einrichtung wird desshalb im Folgenden ausschliesslich die Rede sein.[2])

---

1) Liernur, Die pneumatische Kanalisation in der Praxis. S. 9. 1873. — Siehe auch: Liernur, Ueber die Kanalisation von Städten auf getrenntem Wege. S. 9. 1876.

2) Auch Liernur, obgleich er sich oft darüber beklagt, dass seine Gegner immer nur die pneumatischen Vorrichtungen zur Entfernung der Fäcalien im Auge haben, während er ja ein System vorschlage, das aus verschiedenen Methoden für die Abfuhr der verschiedenen Arten von Unreinigkeiten bestehe, welche in einer Stadt producirt werden, erwähnt aller übrigen Theile seines Systems, mit Ausnahme der pneumatischen Abfuhr der Fäcalien, immer nur nebenbei. Am ausführlichsten stellte er dieselben dar in seinem Vortrag auf der 51. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Cassel, 1878. — Siehe auch: Liernur, Ueber die Kanalisation von Städten auf getrenntem Wege. S. 45 u. flgde. 1876. — Ferner: Bericht d. Münchener Commiss. Beil. VII zum III. Bericht. S. 12 u. 17.

Das Princip der pneumatischen Abfuhr nach Liernur besteht darin, mittelst Herstellung eines luftverdünnten Raumes die Fäcalien aus den Abtritten eines grösseren Häusercomplexes durch ein luftdichtes, eisernes Röhrennetz rasch und ohne Belästigung für die Bewohner zu entfernen, wobei selbstverständlich jede Berührung der Fäcalmassen mit dem Boden ausgeschlossen ist. Die hierbei in Anwendung kommenden Apparate sind folgende:

1. Die Abtritteinrichtungen, die Ableitungsröhren und Reservoire;
2. Die bewegliche Luftpumpe und der Tender, die übrigens nach dem Plane Liernur's bei grösserer Ausdehnung der pneumatischen Anlage in Wegfall kommen und einer Centralstation Platz machen sollen;
3. Die zum Umfüllen der Fäcalmassen in Fässer erforderlichen Einrichtungen.

Jeder Abtritt enthält einen, aus gebranntem, glasirtem Thone hergestellten Sitztrichter, der zunächst die Excremente im Momente der Defäcation aufnimmt. Derselbe ist etwa 70 Cm. lang und nach unten hin konisch verengt; in seinem oberen Theil ist ein anderer, kürzerer Trichter von emaillirtem Gusseisen eingehängt, der die oberen Partien des Thontrichters vor Verunreinigung durch die Excremente schützt und leicht gereinigt werden kann. Der untere Theil des Thontrichters geht in eine Röhre über, die sofort unterhalb des Trichters siphonartig gebogen ist, wobei durch die zungenartig in den Siphon hinabragende Trichterwand ein Flüssigkeitsverschluss (Kothverschluss) hergestellt wird. Vermittelst des vom Trichter abgehenden gusseisernen Nebenrohrs steht der erstere mit dem Hauptrohre und dem Strassenreservoire in Verbindung. Zwischen dem Hauptrohre und der Nebenröhre ist ein zweiter Siphon angebracht; ausserdem hat Liernur, bei der Einführung seiner pneumatischen Vorrichtungen in einigen Strassen Amsterdams und Leidens, in den Nebenrohren noch besondere Ventile angebracht — in Amsterdam die sog. Kugelventile oder Ballklappen, in Leiden die Trägheitsklappen —, die übrigens bei neueren Anlagen wieder aufgegeben wurden. Die guss- oder schmiedeeisernen Strassenreservoire befinden sich unter dem Pflaster, womöglich an Strassenkreuzungen, so dass alle zunächst gelegenen Häuser von einem gemeinschaftlichen Reservoir aus gereinigt werden können.

Die pneumatische Entleerung selbst geschieht folgendermaassen. Zunächst werden die Mündungen der Hauptrohre ins Strassenreservoir mit Hähnen, die von der Strasse aus zugängig sind, hermetisch verschlossen, sodann die locomobile Luftpumpe mit dem Reservoir

in Verbindung gebracht und dasselbe luftleer gepumpt (ungefähr auf $^3/_4$ Vacuum); hierauf werden die Hähne geöffnet, und es strömen nun, unter dem Drucke der aus den Röhren und dem Abtritte nachdringenden Luft, die in den Haupt- und Zweigröhren angesammelten Fäcalmassen dem Reservoire zu. Genügt ein einmaliges Auspumpen der Luft aus dem Reservoire nicht, um alle Röhren zu entleeren, so wird die Operation ein- oder mehreremale wiederholt. Bei der Entleerung sinkt natürlich, unter dem Drucke der äusseren Luft, das Niveau der den Kothverschluss bildenden Excrementenmasse im Siphon unterhalb des Abtritttrichters; doch soll sich nach Liernur dieser Siphon immer nur so weit entleeren, dass, nachdem die Fäcalmasse ihre Schwankungen, in die sie durch die Aspiration versetzt wurde, beendet hat, ihre Oberfläche immer noch bis an die Zunge hinanreicht und so der hydraulische Verschluss hergestellt bleibt. Dasselbe soll auch an dem zwischen Haupt- und Zweigrohr angebrachten Siphon stattfinden, so dass ein Rückströmen der Luft aus den Röhren nicht zu Stande kommt; auch die bei neueren Anlagen aufgegebenen Ball- und Trägheitsklappen hatten den Zweck durch möglichst dichten Verschluss den Rücktritt der Gase aus den Röhren in die Abtritte zu verhindern.

Ist das Strassenreservoir hinreichend gefüllt, was am Stande eines Schwimmers zu erkennen ist, so wird nun mittelst der Luftpumpe auch der Tender, ein auf Rädern beweglicher, von Kesselblech construirter Behälter, luftleer gepumpt. Hat die Luft in demselben den nöthigen Grad von Verdünnung erlangt, was durch ein ausserhalb angebrachtes Manometer angezeigt wird, so wird der Tender vermittelst eines Schlauches mit dem Reservoir in Verbindung gebracht und sodann durch die Wirkung des Luftdrucks mit den Fäcalmassen gefüllt. Die ganze Procedur geht ziemlich rasch vor sich: In Gegenwart der Münchener Commission wurde in Leiden die Entleerung eines ganzen Quartiers von 170 Häusern in $2^1/_2$ Stunden bewerkstelligt.[1]) Der Tender wird hierauf nach dem Umfüllungsraume abgeführt und auf pneumatischem Wege in einen grossen Behälter von Kesselblech entleert; aus letzterem werden dann die Fäcalien direct in die zum Weitertransport dienenden hölzernen Fässer (oft werden hierzu Petroleumfässer benutzt) abgelassen, wobei durch eine besondere Vorrichtung die während der Umfüllung entweichenden, übelriechenden Gase wieder in den grossen Behälter zurückgeführt oder unter den Rost des Dampfkessels geleitet und verbrannt

1) Bericht der Münchener Commission u. s. w. Beilage VII zum III. Bericht. S. 15.

werden, ohne mit der Luft in Berührung gekommen zu sein. Ist eine centrale Pumpstation vorhanden, so wird deren Reservoir direct durch Magistralröhren mit den Strassenreservoiren verbunden und von der Centralstation aus das Vacuum in den letzteren erzeugt, so dass die bewegliche Dampfmaschine und Luftpumpe mit dem Tender in Wegfall kommen, wodurch selbstverständlich der Vorgang des Entleerens der Abtritte und Strassenreservoire wesentlich vereinfacht wird. Die Entleerung wird, je nach Bedürfniss, täglich oder auch nur 2—4 mal in der Woche vorgenommen.

Seit den ersten Versuchen, die mit der pneumatischen Entfernung der Fäcalien nach Liernur in Prag (1869) und in Hanau (1871) vorgenommen wurden, bis zur gegenwärtigen Zeit, hat die Erfindung Liernur's von Seite all der Commissionen, die von zahlreichen Städten zur Besichtigung und Begutachtung derselben abgesendet wurden, eine sehr verschiedene Beurtheilung erfahren. Im Allgemeinen war die Kritik, sowohl der Aerzte als auch der Techniker, den Bestrebungen Liernur's ungünstig; die Vorwürfe galten namentlich der unästhetischen Einrichtung des Abtritttrichters mit dem Kothverschluss, in Folge dessen es unmöglich sei die Abtritte geruchlos zu halten; ferner den Betriebsstörungen, die in Folge von Röhrenverstopfung, mangelhafter Wirkung des Vacuums u. s. w. eintreten müssten; den Verlegenheiten, die nothwendigerweise in Bezug auf regelmässigen Absatz der Fäcalien eintreten würden, und schliesslich — den hohen Kosten, die mit einer Durchführung des Liernur'schen Systems in seiner Gesammtheit verbunden wären.

Man muss gestehen, dass die Einwände, welche zu verschiedenen Zeiten der pneumatischen Abfuhr der Excremente nach Liernur von technischer und ärztlicher Seite gemacht wurden, nicht immer ganz objectiv gehalten waren, und dass oft Unvollkommenheiten in der Ausführung dem Systeme zur Last gelegt wurden. Dies geht schon daraus hervor, dass es Liernur im Laufe der Zeit gelungen ist nicht wenige dieser Einwürfe durch an und für sich unbedeutende Modificationen in der Anlage seines pneumatischen Röhrennetzes und der damit zusammenhängenden Apparate zu entkräften, so dass sich gegenwärtig die technischen und ärztlichen Begutachter mit weit grösserer Befriedigung über die in Amsterdam, Leiden und Dordrecht ausgeführten Liernur-Anlagen äussern, als dies früher der Fall war.[1])

---

1) In Bezug auf die Kritik der Liernur-Anlagen sehe man beispielsweise folgende Gutachten: Hobrecht, Das Liernur'sche System und seine Anwendung in Prag. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. I. S. 522. 1869. — Urtheile über Versuche mit dem sog. Liernur'schen System in Hanau. Dtsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. III. S. 312. 1871. — Knauff u. Esser, Bericht über die zu Amsterdam und Leiden angestellten Versuche mit dem Liernur'schen System. Daselbst IV. S. 316. 1872. — Reuss, Ueber die versuchsweise Einführung des Liernur'schen Systems zur Entfernung der Fäcalstoffe. Med. Correspondenzbl. d. würtemb. ärztl. Vereins. No. 2—5. 1872. — Actenstücke

Die Geruchlosigkeit der Abtritte wird durch ein Ventilationsrohr angestrebt, welches, im Trichter unterhalb des Sitzbrettes beginnend, längs eines Schornsteins oder einer anderen Wärmequelle hingeführt und ausserdem mit einem Wolpert'schen Kaminaufsatz versehen sein soll. Ausserdem gestattet Liernur, wenn auch nur mit Widerstreben, eine Wasserspülung seiner Abtritte, d. h. den Ersatz des Kothverschlusses unterhalb des Trichters durch einen Wasserverschluss, wobei aber pro Tag und Kopf nicht mehr als 1 Liter Wasser verbraucht werden soll, weil sonst die Fäcalien allzu sehr verdünnt und an Werth verlieren würden. Doch sind eigentliche Wasserklosets selten; so sollen z. B. in Amsterdam nur zwei vorkommen[1]); dagegen wird sonst viel Wasser in die Abtritte geschüttet, was nöthig sein soll, um das Papier und etwa an den Trichterwänden hängen bleibende Fäces zu entfernen. Unter diesen Umständen können übrigens, nach den neuesten Berichten der Münchener und Braunschweiger Commissionen, die Abtritte rein und geruchlos gehalten werden.

Die pneumatische Entleerung selbst hat zu manchen Einwänden gegen das System Veranlassung gegeben, die allerdings theils theoretischer Natur waren, theils jedoch der Begründung durch gemachte Erfahrungen nicht entbehrten. Koch und Reuleaux[2]) äusserten die Ansicht, dass das durch die Luftpumpe bewirkte Vacuum in den Strassenreservoiren für die Entleerung langer Rohrleitungen zu schwach sei, dass ferner an eine sichere Räumung aller Seitenröhren und Abtritte nicht zu denken sei, weil die durch die Abtrittsöffnungen nachströmende Luft sich stets die bequemsten, also die am wenigsten geschlossenen Zugänge suchen und die stärker gefüllten vermeiden werde, weshalb eine unvollständige Entleerung der letzteren zu erwarten sei. Dieser Einwand ist factisch widerlegt durch die unter normalen Verhältnissen regelmässig wirkenden Anlagen von Amsterdam, Leiden und Dordrecht: in Amsterdam sind die Centralrohre von den Strassen zum Hauptreservoir ca. 750 Meter lang, die Hausleitungrohre im Maximum 210 Meter; in Dordrecht beträgt die grösste Länge des Centralrohres ca. 500 Meter, die grösste Länge der Hausröhren 150—200 Meter.[3]) — Das während der Versuche in Hanau beobachtete Rückströmen der Gase[4]) während der Entleerung der Haus-

---

über die Entwässerung Berlins. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. IV. S. 462 u. flgde. 1872. — Schröder u. Lorent, Bericht über die von Capit. Liernur in Amsterdam ausgeführten Einrichtungen zur Entfernung der Fäcalstoffe. Daselbst IV. S. 486. 1872. — Rawlinson, Reisebericht. 1876 (Report... of treating town Sewage). Angeführt im II. Bericht der Münchener Commission. — Varrentrapp, Das Liernur'sche System und seine neueren officiellen Beurtheiler. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IX. S. 593. 1877. — Bericht der Münchener Commission u. s. w. Beilage VII zum III. Bericht. S. 6 u. flgde. 1878. — Mitgau, a. a. O. S. 20. 1880.

1) Münchener Bericht a. a. O. S. 10.

2) Koch u. Reuleaux, Virchow's Generalbericht. S. 92. Auch Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IV. S. 462 u. flgde.

3) Münchener Bericht. S. 11 und 16.

4) Siehe hierüber: Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. III. S. 315; ferner: Liernur, Die pneumatische Kanalisation in der Praxis. S. 91.

röhren, das üblen Geruch im Abtritte verursachte, ist seither, soviel uns bekannt, nicht wieder gerügt worden. — Die häufigste Ursache von Störungen während der Entleerung sind unstreitig Verstopfungen der Abtritte und Zweigröhren: ausser fremden Gegenständen, die von den Hausbewohnern in die Abtritte geworfen werden (Knochen, Glasscherben, Tuchfetzen, Besen u. dgl.), geben auch die Ballklappen da, wo sie noch existiren, zuweilen zu Verstopfungen Veranlassung; durch Fäcalien allein sollen letztere niemals hervorgerufen werden. Diese Verstopfungen sind desshalb sehr unangenehm, weil, wenn sie nicht sofort bemerkt und gehoben werden, ein Ueberlaufen der Fäcalmassen im Abtritte stattfinden kann. Sie kommen in Amsterdam täglich vor, werden aber meist sofort beseitigt, was sehr rasch geht, aber gewöhnlich einen ziemlich starken üblen Geruch verursacht. Man sucht die Verstopfungen in den Röhren in erster Linie dadurch zu heben, dass man alle Hausleitungen, mit Ausnahme der verstopften, vom Reservoir abschliesst, damit das Vacuum auf die verstopfte Leitung allein wirke.[1]) Nach dem officiellen Bericht über den Zustand der Gemeinde Amsterdam im Jahre 1877, kamen daselbst Verstopfungen in Abtritten und Zweigröhren 198 mal vor, und zwar hauptsächlich in Folge eines verkehrten Gebrauches dieser Einrichtungen durch die Hausbewohner; in den Netzen, in welchen Ballklappen angebracht waren, blieben die Bälle 693 mal stecken; Verstopfung einer Hauptröhre kam einmal vor.[2]) Von Dordrecht wird ebenfalls berichtet, dass Störungen im Betriebe durch Verstopfungen, die durch Hineinwerfen allerlei Zeug in die Abtritte bewirkt werden, nicht selten vorkommen und zuweilen arge Missstände veranlassen, namentlich wenn drei und mehr Hausröhren in eine Zweigleitung auslaufen; oft werden Ausgrabungen in Häusern und Höfen nothwendig. Bei neuen Anlagen wird dieser Uebelstand dadurch vermieden, dass jedes Haus seine eigene Leitung mit Mündung in die Hauptröhre bekommt.[3])

Eine sehr schwache Seite der Liernur'schen Anlage, die sie übrigens mit allen Abfuhrsystemen gemein hat, ist die factische Verlegenheit, in welche man schon jetzt in Amsterdam, Leiden und Dordrecht in Bezug auf die Verwendung der abgeführten Fäcalmassen geräth, obgleich ja nur einzelne Theile dieser Städte mit dem pneumatischen Systeme versehen sind. Dieser Umstand ist um so bedeutsamer, als Liernur von vornherein, bei Empfehlung seiner Erfindung, grosses Gewicht auf die Möglichkeit legte, die Abnahme des frischen, unzersetzten Düngers durch die Landwirthe in grossem Maassstabe leicht organisiren zu können, wodurch den Städten eine erhebliche Einnahme erwachse, die nicht nur die Ausgabe für Herstellung und Betrieb der pneumatischen Vorrichtungen decken, sondern auch noch einen nicht unbedeutenden Reingewinn geben werde. In der That ist nach allen hierüber vorliegenden Angaben der Absatz des Liernur'schen Düngers ein sehr mangelhafter; der letztere

1) Münchener Bericht. S. 12.

2) Daselbst S. 8.

3) Van der Kloes, Bericht über den Stand der Fäcalienfrage und der Stadtreinigung in der Gemeinde Dordrecht für das Jahr 1878. Angeführt im Münchener Bericht. S. 30.

ist in Amsterdam sogar weniger gesucht als der Tonnendünger, was allerdings grösstentheils dem erheblichen Einguss von Wasser in die Liernurabtritte zugeschrieben werden muss, wodurch die Fäcalmassen sehr verdünnt werden.[1] Aus diesem Grunde wird gegenwärtig von allen Vertheidigern des Liernur'schen Systems die Verbindung desselben mit einer Poudrettefabrik für unbedingt nothwendig erklärt, damit ein Dünger erzeugt werden könne, der, geruchlos und längere Zeit aufbewahrungsfähig, eine leicht transportable und verkaufbare Waare abgeben würde. In Dordrecht wurde auch wirklich eine Poudrettefabrik errichtet, doch scheint dieselbe niemals in regelmässigem Gange gewesen zu sein, sondern es werden die Fäcalmassen mit Strassenkehricht und Asche zu einer Compostmasse verarbeitet, was zu nicht unbedeutender Belästigung der Adjacenten durch üblen Geruch Veranlassung gibt. In Amsterdam werden ebenfalls die Fäcalien, für die oft durchaus kein directer Absatz zu finden ist, theils zur Compostbildung mit Kehricht verwendet, theils zur Düngung von Wiesen benutzt oder einfach ins Wasser geschüttet.

Die Herstellungskosten des Liernur'schen Systems, auch wenn man von den Kanälen zur Ableitung der Schmutzwässer und von der Legung der Drainageröhren absieht und nur die pneumatische Entfernung der Fäcälien im Auge hat, sind sehr bedeutend, und dies ist wohl der Hauptgrund, wesshalb das System bis jetzt auch in holländischen Städten eine so geringe Verbreitung erlangt hat. Liernur selbst rechnet im Mittel 15 holl. Gulden Einrichtungskosten auf den Kopf; in Amsterdam stellten sich die Kosten für Anlage des pneumatischen Theiles des Systems auf 20 fl. = 34 Mark 20 Pf. pro Kopf; in Dordrecht stiegen sie sogar auf beinahe 52 Mark.[2] Für München, mit einer Einwohnerzahl von 230000, wurden die Anlagekosten des Systems (d. h. des pneumatischen Theiles desselben) auf 7.846.000 Mark berechnet, was einer jährlichen Zinsenlast von 353.070 Mark entsprechen würde. Dazu käme noch, nach Analogie der Verhältnisse in holländischen Städten, eine jährliche Betriebsausgabe von 460.000 Mark, so dass der Gesammtaufwand der Stadt im Jahre, nur für den pneumatischen Theil des Liernur'schen Systems, sich auf 813.070 Mark belaufen würde, was bei einer 4½ procent. Verzinsung ein Kapital von 18 Mill. Mark repräsentirt. Hierzu kämen noch die Kosten für Herstellung der Abwasserleitung im Minimalbetrage von fast 6 Mill. Mark.

Eine systematische Ausführung der pneumatischen Entfernung der Fäcalmassen hat bis jetzt nur in einzelnen Stadttheilen Amsterdams, Leidens und Dordrechts stattgefunden, denn die in einigen Prager Kasernen unter dem Namen „Liernursystem" bestehenden Abfuhreinrichtungen wird wohl auch Liernur schwerlich als seinem Systeme entsprechend anerkennen. In Amsterdam, wo mit der Herstellung der ersten Anlagen im

---

1) Nach dem Amsterdamer Gemeindebericht betrug die Quantität der pro Tag auf den Kopf entfallenden Fäcalstoffe in den Liernurabtritten für den Monat October 1876 nicht weniger als 2.49 Liter und im October 1877 sogar 2.58 Liter, während beim Tonnensystem auf den Kopf nur 0.81 Liter im Tage kommen (Münchener Bericht a. a. O. S. 7).

2) Verhandlungen und Arbeiten der Münchener Commission. IV. Ber. S. 138.

Jahre 1871 begonnen wurde, waren 1879 etwa 1350 Häuser mit circa 20000 Einwohnern an das Liernursystem angeschlossen (Amsterdam hat ungefähr 300000 Einwohner in 30000 Häusern). Leiden hatte im Jahre 1878 ca. 40000 Einwohner, wovon 1200 in 170 Häusern sich der Liernuranlage bedienen; die erste Einrichtung derselben begann im Jahre 1871. In Dordrecht wurde mit der Ausführung der pneumatischen Anlage erst im Jahre 1875 begonnen; Ende 1878 waren etwa 200 Häuser mit 1350 Einwohnern und eine Irrenanstalt mit ca. 300 Bewohnern angeschlossen. Soviel man aus officiellen und Privatberichten aus den genannten Städten ersehen kann, wird die rasche Verbreitung der pneumatischen Anlagen durch die grossen damit verbundenen Kosten hintangehalten.

Nach den vorliegenden Erfahrungen lässt sich behaupten, dass die pneumatische Entfernung der Fäcalien nach Liernur insofern den sanitären Anforderungen Genüge leiste, als sie 1. eine Verunreinigung des Bodens durch menschliche Excremente, insoweit sie in die Abtritte oder öffentlichen Pissoirs gelangen, ausschliesst, 2. bei guter Einrichtung und bei einiger Vorsicht von Seite der Bewohner die Abtritte geruchlos und rein zu erhalten im Stande ist, und 3. eine rasche und unbelästigende Entfernung der Fäcalmassen aus der Nähe der Wohnungen gestattet. — Es sind desshalb wohl Verhältnisse denkbar, in denen diese Art der Abfuhr mit Nutzen zur Ausführung kommen kann. Dies gilt namentlich von solchen Fällen, in denen man sich definitiv oder als Uebergangsstadium überhaupt für ein Abfuhrsystem ohne Trennung der festen und flüssigen Fäcalstoffe entschliessen zu müssen glaubt, wie z. B. für einzelstehende, öffentliche Gebäude, in kleineren Landstädten u. s. w. Für solche Städte dagegen, die entschlossen sind ein vollständiges System der Städtereinigung, wie es von der Gesundheitslehre gefordert wird, durchzuführen, lässt sich die pneumatische Anlage Liernur's, in Verbindung mit den übrigen von ihm vorgeschlagenen Einrichtungen für Ableitung der Schmutzwässer und Drainage des Untergrundes, nicht empfehlen, einmal wegen der ungeheuren Kosten, die eine so complicirte Anlage verursachen würde, und sodann der Verlegenheiten halber, welche unter grösseren Verhältnissen in Bezug auf die Verwendung der Fäcalstoffe jedenfalls entstehen müssten.

E. Desodorisations- und Desinfectionsanlagen; Poudrettebereitung.

Der üble Geruch der Abtritte, welcher mit den meisten Abfuhrsystemen verbunden ist, theilweise auch der Wunsch, die Fäcalien in einen sanitär indifferenten Zustand zu versetzen, und schliesslich die Unmöglichkeit, die grosse Menge der aus Städten abzuführenden

Fäcalien sofort auch für die Landwirthschaft zu verwerthen, haben schon seit langer Zeit zur Erfindung zahlreicher Klosetanlagen mit Anwendung von Desinfectionsmitteln Veranlassung gegeben und mannigfaltige Vorschläge zur Verarbeitung der Fäcalien zu künstlichem Dünger (Poudrette) ins Leben gerufen.

a. Das Erdkloset.

Die selbstreinigende, „mineralisirende" Kraft der Erde war schon von Alters her bekannt, und die Erde war das erste Mittel, welches vom Menschen angewendet wurde, um sich von dem unangenehmen Anblick und Geruch der Excremente zu befreien. Dennoch wurden erst in neuerer Zeit Abtrittanlagen mit Anwendung von Erde als Desodorisationsmittel zur systematischen Einführung in bewohnten Orten empfohlen, und die Erfindung des Erdklosets knüpft sich an den Namen des englischen Geistlichen Moule, welcher etwa vor 20 Jahren zum ersten Mal ein bestimmtes Mengenverhältniss der zu benutzenden Erde zu den Excrementen angab[1]) und auch eine Theorie des Chemismus aufstellte, der den Veränderungen zu Grunde liege, welche die Mischung der Erde mit Excrementen factisch in den letzteren hervorbringt.[2]) Moule glaubte nämlich, die organischen Bestandtheile der Erde würden hierbei in denjenigen Zustand übergeführt, in welchem sie sich in der Natur in fruchtbarem Boden befinden, so dass sie für die Ernährung von Pflanzen nutzbar bleiben, ohne eine letzte Zersetzung in anorganische Substanzen zu erleiden. Diese Anschauung ist nun allerdings durch die experimentellen Arbeiten der neuesten Zeit über die Wirkung des Bodens auf organische Materie nicht bestätigt worden: die Arbeiten von Schlösing und Müntz, Falk und Soyka haben bewiesen, dass unter gewissen Umständen eine eigentliche Mineralisirung der organischen Substanz im Boden stattfindet, aber die Ueberzeugung von der reinigenden Kraft der Erde konnte hierdurch nur befestigt werden.

Schon Moule bemerkte, dass die Raschheit und Vollständigkeit der sog. desinficirenden Wirkung der Erde wesentlich von der Beschaffenheit der letzteren abhänge. Kies und Sand äussern eine sehr geringe und langsame Wirkung, doch scheint dieselbe früher vielfach unterschätzt worden zu sein. Dagegen besitzen, nach den vorliegenden Untersuchungen, die an wasserhaltigen Doppelsilicaten verhältnissmässig reichen, thonhaltigen Ackererden in hohem Maasse die Fähigkeit, rasch die physikalische und chemische Beschaffenheit

---

1) Dingler's polytechnisches Journ. Bd. 174. S. 318. 1864.

2) Buchanan, On the dry-earth System of dealing with Excrement. Twelfth Report of the medical officer of Privy Council for 1869. London 1870. Im Auszuge mitgetheilt von A. Spiess in der Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. III. S. 80. 1871. Siehe auch Roth u. Lex, Handbuch der Militärhygiene. I. S. 456.

der Excremente in der gewünschten Weise zu verändern.[1]) Thon selbst ist zur Desodoration und Zersetzung der Fäcalien nicht geeignet, wohl aber gewöhnliche Gartenerde, und zwar lehmhaltige mehr als torfhaltige. Von sehr guter Wirkung soll überhaupt jede Erde sein, die in sich schon eine Menge organischer Substanzen enthält. Dieser Umstand, der nach den neuesten Beobachtungen von Lissauer[2]), Falk[3]) u. A. keinem Zweifel zu unterliegen scheint, hängt vermuthlich mit der reichlichen Entwicklung organischen Lebens in humushaltigem Boden zusammen. Dem entspricht auch die Behauptung Moule's, dass eine Mischung von Erde mit Excrementen, welche eine Zeit lang aufbewahrt und gut getrocknet ist, aufs Neue die Eigenschaft bekomme, Fäces und Urin zu desodorisiren und zu zerlegen; die Erde soll sogar dann noch wirksam sein, wenn schon die Hälfte der gebrauchten Masse aus Excrementen besteht. Für den grossen Düngwerth der auf diese Weise benutzten Erde werden von Moule zahlreiche Beispiele aus der landwirthschaftlichen Praxis gebracht.

Die Menge der mit den Excrementen zu mischenden Erde hängt, abgesehen von der Beschaffenheit der letzteren, von der Quantität des Urins ab. Für eine gewöhnliche Defäcation von 125—150 Grm. Koth und 250—300 Grm. Urin sollen 1½—2 Pfund sorgfältig getrockneter Erde zur vollständigen Beseitigung des Geruches und Absorption des Urines genügen; nimmt man weniger Erde auf eine Ausleerung, so bleibt Neigung zur Feuchtigkeit im Gemisch zurück und es macht sich ein mehr oder weniger starker Geruch bemerklich.

Den soeben angeführten Zahlen gegenüber ist es auffallend, dass bei Versuchen, die im Berliner Arbeitshause mit dem Erdkloset (Patent Draper and Son) angestellt wurden, die vollständige Desodorisirung eines Stuhlganges nach Virchow[4]) im Durchschnitt 7 Pfund, nach A. Müller[5])

1) Bernartz, Das Geruchlosmachen ... des Abtrittdüngers. München 1865. S. 9.

2) Lissauer, Hygienische Studien über Bodenabsorption. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. VIII. S. 569. — Nach Lissauer hat sich die Absorptionsfähigkeit des Dünensandes bei Danzig nach vierjähriger Berieselung mit Kloakenflüssigkeit mehr als verdoppelt.

3) Falk, Experimentelles zur Frage der Kanalisation mit Berieselung. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. XXVII. S. 83 u. flgde. — Falk betont den Reichthum des Bodens an organischen Substanzen als wesentlichen Factor für die desinficirende Kraft desselben.

4) Virchow, Generalbericht. S. 82.

5) A. Müller, Actenstücke über die Entwässerung Berlins. Müller's Bericht über die Versuche mit dem Erdkloset. — Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IV. S. 477.

sogar 5¾ Kilo Gartenerde benöthigte. Es erklärt sich dies vermuthlich durch die Art der Einrichtung[1]) und der Benutzung dieses Klosets bei mangelhafter Ueberwachung.

Die Zeit, welche zur Mineralisirung der Excremente nothwendig ist, hängt wesentlich von der Beschaffenheit der angewandten Erde ab, beträgt aber nach Moule und Buchanan jedenfalls mehrere Monate, denn wenn man frische Gemenge von Erde und Excrementen der Einwirkung einer höheren Temperatur aussetzt, oder dieselben nass macht, so tritt wieder der specifische Fäcalgeruch zum Vorschein; nach Verfluss einiger Monate jedoch macht sich bei Einwirkung mässiger Hitze oder der Feuchtigkeit auf das Gemisch kein Geruch mehr bemerklich. Bei den von mir[2]) angestellten Desodorisationsversuchen mit Erde ergaben sich schon während der ersten Tage folgende Veränderungen in Bezug auf das Verhalten der Excremente zur umgebenden Luft: Vermehrung der Kohlensäureabgabe um 9 % und der Sauerstoffaufnahme um 17.4 %; Verminderung der Abgabe von Ammoniak um 84.5 %, Schwefelwasserstoff 100%, Kohlenwasserstoffen und flüchtigen Fettsäuren 70.3 %; das Gemisch war ohne merklichen Geruch; die Menge der angewandten Erde betrug weniger als das Doppelte der Fäcalmenge.

Die Einrichtung des Erdklosets kann je nach Umständen eine verschiedene sein.

In seiner einfachsten Form besteht es aus einer Grube oder einem beweglichen Behälter zur Aufnahme der Excremente, die dann von Zeit zu Zeit, je nach Bedürfniss, mit trockener Erde bestreut werden. Solche einfache Erdklosets waren schon im Jahre 1863 in einer bedeutenden Zahl von Arbeiterwohnungen und in der Armenschule zu Bradford am Avon eingeführt.[3]) Gewöhnlich sind sie so eingerichtet, dass von dem Behälter nur die festen Excremente, nebst demjenigen kleinen Theil der flüssigen aufgenommen werden, der bei der Defäcation mit entleert wird. Besser und bequemer als in dieser einfachen Form, werden die Erdklosets in der Weise hergestellt, dass ein kleiner und jeden Tag zu leerender Behälter, unter dem Sitzbrett befindlich, die Excremente aufnimmt, wobei man durch einen einfachen, leicht zu handhabenden Mechanismus jedesmal nach der Defäcation die nöthige Menge trockener Erde aus einem hinter und über dem Sitze befindlichen Reservoir auf die Excremente fallen lässt. Für Privatverhältnisse, wo man auf eine gewisse Sorgfalt von Seite der das Kloset Benutzenden rechnen kann, ist es am besten, dasselbe nach Art eines modernen Wasserklosets einzurichten, nur dass

---

1) Die Klosets waren derart eingerichtet, dass während der Zeit der ganzen Sitzung dem Reservoir Erde entfiel.

2) Erismann, Zeitschr. f. Biol. XI. S. 244 u. 248.

3) Moule, On a system of earth sewage. Journ. of the society of arts, May 1863. p. 447. Citirt bei Eigenbrodt, a. a. O. S. 22.

hier, statt des Wassers, Erde auf die Excremente fällt. In öffentlichen Anstalten dagegen ist es besser die Thätigkeit des Erdklosets nicht vom Belieben der dasselbe Benutzenden abhängig zu machen, sondern automatisch wirkende Vorrichtungen anzubringen.[2]) Die Grösse der Klosets richtet sich nach dem Bedürfnisse: in Privathäusern wendet man Klosets an von der Form der Nachtstühle, mit kleinen, tragbaren Gefässen aus Thon, Porzellan oder Eisen; in öffentlichen Anstalten dagegen benutzt man vortheilhaft grössere Eisenkasten, die, auf einen niedrigen Wagen gestellt, unter die Abtrittsitze hingefahren werden können. Die hierzu gehörigen Reservoire können die zur Bedeckung von 100—200 Defäcationen erforderliche Erde enthalten. Wollte man in einer Stadt das Erdkloset einführen, so müssten die Excremente in Gefässen aufgefangen werden, die, nach Art der Kübel oder Tonnen beim Tonnensystem, luftdicht verschlossen und bei jeder Abfuhr gewechselt werden könnten.

Die zum Gebrauche in den Erdkloseten bestimmte Erde muss vorher gut getrocknet sein; nach dem Trocknen, das auf verschiedene Weise geschehen kann, muss man die Erde durch ein Sieb von gröberen Beimischungen trennen und sodann an einem vor Feuchtigkeit hinlänglich geschützten Raume aufbewahren. Da die mit Excrementen gemischte Erde nicht immer sofort nach ihrer Entfernung aus Haus und Stadt zur Verwendung in der Landwirthschaft gelangen kann, so dass ausserhalb der Ortschaften grössere Behälter zu ihrer Aufbewahrung eingerichtet werden müssen, empfiehlt es sich, die Masse von Zeit zu Zeit mechanisch zu mengen, wozu besondere Mischapparate nöthig werden können. Bei guter Mischung der Substanzen soll nach Ablauf von etwa 4 Wochen selbst jede Spur des den Excrementen beigemischten Papiers verschwunden sein.

Die mit Einführung und Betrieb der Erdklosets verbundenen Kosten sind sehr bedeutend. Buchanan veranschlagt dieselben für ein Dorf von 1000 Einwohnern, auf 260 Pfd. Sterl., d. h. 5200 Mark im Jahr, wonach also eine Stadt von 1 Mill. Einwohner, wie Berlin gegenwärtig ist, über 5 Mill. Mark jährlich zu bezahlen hätte.[2]) Aber da in einer grossen Stadt der Transport der Erde und sodann der mit Erde gemischten Excremente unvergleichlich viel theurer zu stehen kommt als auf dem Dorfe, so dürfte wohl im Falle der allgemeinen Einführung des Erdklosetsystems das städtische Budget mit der doppelten Summe, d. h. mit 10 Mill. Mark belastet werden, was einem Capitale von ca. 200 Mill. Mark entsprechen würde. Allerdings berechnet Buchanan, diesen Ausgaben gegenüber, einen sehr hohen Erlös für den Dünger, wodurch die Kosten der Anlage

1) Seligmann beschreibt in der Allg. Militärärztl. Zeit., Beilage z. Wiener med. Presse. 1869. No. 1, eine solche Vorrichtung, die in dem Lager bei Bruck an der Leitha üblich ist (angef. bei Roth und Lex, a. a. O. I. S. 458).

2) Siehe die Kostenberechnung F. Varrentrapp's in der Deutschen Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. III. S. 552. — Bockendahl, Das Erd-, Gruben-, Eimer- und modificirte Wasserkloset in England. 1871.

und des Betriebes zum wenigsten vergütet werden sollen. Für ländliche Verhältnisse mag diese Berechnung unter Umständen zutreffen; auf grossstädtische Verhältnisse ist sie jedoch, wie die Erfahrung zeigt, nicht anwendbar.

Praktische Erfahrungen mit dem Erdkloset hat man vorzugsweise in England und in Indien gemacht. In den Schulen und Gefängnissen von Lancaster und Dorchester bestehen die Erdklosets seit der Mitte der sechziger Jahre und bewähren sich nach dem Berichte Buchanan's sehr gut, da die Abtritte reinlich und meist geruchlos gefunden wurden. Dieselben günstigen Erfahrungen werden nach dem genannten Autor auch im Lager von Wimbledon gemacht, wo die Erdklosets seit 1868 und 1869 eingeführt sind: hier fallen die Excremente in Gruben, die gross genug sind, um während der 14 Tage, die das Lager dauert, nicht geleert werden zu müssen; jedes Kloset hat einen automatisch wirkenden Apparat, der beim Aufstehen des dasselbe Benutzenden $1\frac{1}{2}$ Pfund Erde auf die Excremente wirft; in die Pissoirs wird die Erde einfach mit der Schaufel geschüttet; ein Geruch nach frischen Fäces war während des Gebrauchs einzelner Klosets zu bemerken; einige Pissoirs verbreiteten Uringeruch. In Indien wurden ebenfalls schon in den sechziger Jahren in Lagern, Gefängnissen, Hospitälern und anderen öffentlichen Anstalten Erdklosets eingerichtet, und soll der Erfolg überall ein befriedigender gewesen sein, wo die Einrichtung und Besorgung derselben nach den vorgeschriebenen Regeln geschah; doch fand man das System für Pissoirs wenig geeignet. In England sind Erdklosets mit Gruben in zwei kleinen Dörfern (Halton und Aston Clinton) eingeführt, die im Gute Rothschild's liegen; sie sind so eingerichtet, dass durch das Gewicht des Sitzenden die erforderliche Menge Erde während der Defäcation auf die Excremente geworfen wird, und wurden bei einem unangemeldeten Besuche rein und geruchlos gefunden. Endlich besteht das Erdkloset, nebst Wasserklosets (1300) und Gruben (450) in einer Anzahl (90) ärmerer Häuser in der Stadt Lancaster; die Erdklosets nehmen kein Küchenwasser und durchaus nicht allen Urin der sie benutzenden Familien auf; in den Abtritten fand Buchanan fast überall einen mehr weniger intensiven Gestank. Die Beobachtungen von Spiess[1]) über die Wirkung der in einigen öffentlichen Anstalten in Frankfurt a. M. aufgestellten Erdklosets ergaben ein wesentlich ungünstiges Resultat: Gestank in den Abtritten und fehlende oder mangelhafte Bedeckung der Excremente mit Erde liessen die Einrichtungen in wenig vortheilhaftem Lichte erscheinen.

Die sanitäre Bedeutung des Erdklosets geht aus dem Gesagten von selbst hervor. Es muss zugegeben werden, dass es möglich ist, ein Kloset mit Anwendung von Erde als Desinfectionsmittel zu construiren, das bei sorgfältiger Ueberwachung rein und geruchlos gehalten werden kann. Für ländliche Verhältnisse, für Lager, für einzelstehende grössere Gebäude kann dieses Kloset mit verschiedenen Modificationen in seiner Einrichtung unter Umständen gute Dienste

1) Spiess, Dtsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. III. S. 101 u. flgde.

leisten und direct empfohlen werden. Für städtische Wohnungen dagegen vermag es nur die Rolle eines guten Nachtstuhles zu spielen. Abgesehen davon, dass es Einrichtungen zur Entfernung der Regen-, Grund- und Schmutzwasser aus den Häusern in keiner Weise überflüssig macht, wäre seine allgemeine Einführung in grösseren Städten mit unerschwinglichen Kosten verbunden. Selbst Lehfeldt[1]), der doch im Allgemeinen den Abfuhrsystemen geneigt ist, gibt zu, dass das stete Bereithalten einer genügenden Menge gehörig trockener Erde, von passender chemischer Zusammensetzung, unter Umständen grosse Schwierigkeiten bieten müsse. Es ist wahr, dass durch wiederholte Anwendung ein- und derselben Erde die Transportkosten nicht unerheblich vermindert werden könnten, allein es würde sich doch nicht empfehlen, die Häuser, Höfe und Wohnungen einer Grossstadt in Trockenanlagen für Koth und Erde umzuwandeln.

b. Das Aschenkloset.

Nach Parkes[2]) werden im Norden von England die Fäcalien noch in der Grube sehr häufig mit Steinkohlenasche vermischt.

Die Abtritte sind dabei meist in der allerprimitivsten Weise eingerichtet: im Hintergrunde der Höfe, die sich an die kleinen, einstöckigen Häuser anschliessen, befindet sich eine Grube, die als Aschenbehälter und zugleich zur Aufnahme der festen Excremente und der Küchenabfälle dient, während Regen- und Hauswasser von derselben fern gehalten werden. An der Rückseite der Höfe läuft ein schmaler Gang hin, gegen den sich alle Aschenbehälter mit Fenstern öffnen, während die Höfe selbst in keiner Verbindung zu demselben stehen. Durch diesen Gang und die Fenster der Abtrittgruben geschieht die Leerung der letzteren. Durch die Steinkohlenasche, die meist in bedeutenden Mengen in die Grube kommt, wird der flüssige Theil der Fäcalien aufgesogen und das Ganze in eine feste Masse verwandelt. Diese Einrichtung war früher z. B. in Manchester allgemein.[3]) Parkes missbilligt sie sehr und behauptet, dass die desodorisirende Wirkung der Steinkohlenasche gering sei. Gegenwärtig sind in Manchester die Gruben fast vollständig verschwunden und statt derselben Kübel eingerichtet (über 55000), die aus verzinktem Eisenblech hergestellt sind. Die Abtritte befinden sich meistentheils in besonderen Häuschen zu ebener Erde und besitzen an der Rückwand Siebekasten für Asche und Kohlenrückstände; die feine Asche fällt in die Fäcalientonne, die gröberen Stücke aber in den daneben stehenden Müllkasten.[4])

---

1) Lehfeldt, Der gegenwärtige Stand der Abfuhr- und Kanalisationsfrage in Grossbritannien. S. 56.

2) Parkes, A manual of practical hygiene. 4. Aufl. p. 364.

3) Bürkli, a. a. O. S. 74.

4) Mitgau, a. a. O. S. 43. — Die Stadt Rochdale hat nicht, wie zuweilen

Die Aschenklosets können auch in der oben, bei den Erdklosets beschriebenen, vollkommeneren Form mit mechanischen Vorrichtungen hergestellt werden (Morell's dry Ash-Closet). Torf-, Braunkohlen- oder Steinkohlenasche wird mehr empfohlen als Holzasche.

In Bezug auf die Zweckmässigkeit der Anwendung der Aschenklosets gilt das oben über das Erdkloset Gesagte. In Städten dürfte der Gebrauch der Asche billiger sein als derjenige der Erde, da die erstere nicht erst in die Stadt hineingeschafft zu werden braucht. Ausserdem scheint aus den in Berlin vorgenommenen Parallelversuchen hervorzugehen, dass man zur Erreichung der Geruchlosigkeit bedeutend weniger Asche braucht als Erde.[1]) Immerhin würde man, bei einer Annahme von 34 Kgrm. Koth pro Kopf und Jahr, nur für die von einem Menschen gelieferten Fäces über 250 Kgrm. Torfasche brauchen.

Von England aus wird auch die Kohle als Mittel zur Desodorisirung der Excremente in Kloseten empfohlen und von Parkes sehr gerühmt, am meisten soll sich ihrer relativen Billigkeit halber die Torfkohle empfehlen. Durch trockene Destillation des Gemisches von Kohle und Erde in einer Retorte kann man die Kohle wieder gewinnen und ausserdem durch Verkauf der Destillationsproducte (Ammoniakwasser, Theer, Leuchtgas) eine nicht unbedeutende Einnahme erzielen. Dieses Verfahren ist von Stanford angegeben und in Glasgow in Anwendung gekommen. Viele ziehen die Kohle desshalb der Erde vor, weil man zur Erreichung vollständigerer Desodorisation ein geringeres Volumen Kohlen brauchen soll. Doch sind die Ansichten hierüber noch getheilt.

c. Das Müller-Schür'sche Kloset.

Die Existenz dieses Klosets lässt sich nur durch die weite Verbreitung des Gebrauches von Nachtstühlen in Norddeutschland erklären, welche jede Verbesserung derselben als willkommen erscheinen liess. Das Kloset bezweckt absolute Trennung der festen Excremente von den flüssigen und Desinfection beider.

Zu diesem Zwecke ist der die Fäcalien aufnehmende Trichter durch eine senkrechte Scheidewand in zwei Theile getheilt; in den vorderen Abschnitt gelangt der Urin, in den hinteren der Koth. Bequemer ist es, wenn statt eines getheilten Trichters zwei getrennte Gefässe vorhanden sind. Behufs der Leerung wird entweder das Uringefäss selbst nach dem Hofe hinuntergetragen, oder aber der Urin wird vermittelst eines Rohres abgeleitet. Man filtrirt ihn durch eine mehrere Fuss starke Schicht von Torfgrus, welches mit den Abgängen aus Sodafabriken oder mit saurer,

---

fälschlich angegeben wird, Aschenklosets; es werden vielmehr hier die trockenen Abfälle, wie Asche, Küchenabgänge u. s. w., besonders abgefahren.

1) Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IV. S. 478. — Ueber das Morell'sche Aschenkloset vgl. auch Lehfeldt a. a. O.; sodann Schülke, Gesunde Wohnungen. S. 207. 1880.

schwefelsaurer Magnesia (Abgang aus Mineralwasserfabriken) gemischt ist; hierdurch sollen die werthvollen Bestandtheile des Urins zurückgehalten werden und der letztere als klare Flüssigkeit abfliessen, welche unbedenklich selbst in offene Strassenrinnen abgeleitet werden könne.[1]) Das Torfgrus muss alle 6—8 Wochen erneuert werden. Die in den hinteren Theil des Trichters fallenden festen Excremente werden sofort nach jeder Defäcation durch einen automatisch wirkenden Apparat mit einem sog. Desinfectionspulver bestreut, das zuerst von Prof. Müller in Stockholm empfohlen, von Schür in Stettin verbessert und von Töpfer daselbst fabriksmässig dargestellt wird. Dasselbe besteht aus gebranntem Kalk und trockenem Holzkohlenpulver, welchem Sägespähne, mit Carbolsäure imprägnirt, beigemischt sind. Der gebrannte Kalk soll den Fäces das Wasser entziehen, Holzkohle die übelriechenden Gase absorbiren, Carbolsäure die Fäulniss verhindern; die Sägespäne dienen zur gleichmässigeren Vertheilung der Carbolsäure. Durch dieses Pulver soll der Koth in eine trockene, geruchlose Masse verwandelt werden. Für gewöhnliche Stuhlgänge genügen ca. 30 Grm. des Desodorisationspulvers; die Ausgabe für das Pulver würde nach den in Berlin angestellten Versuchen etwa 2 Mark pro Kopf und Jahr betragen[2]), wenn zum Uriniren der Nachtstuhl nicht benutzt wird. Die mit dem Pulver gemischten Excremente sollen nach ihrer Entleerung aus dem Kloset in einem offenen, aber vor Nässe geschützten Schuppen aufbewahrt, getrocknet, mit etwas Urin vermischt, wieder getrocknet, und sodann als Dünger verkauft werden.

Dieses Kloset hat keine grössere Verbreitung erlangt: nur in Stettin ist es häufig in Privathäusern zur Anwendung gekommen; in Hamburg ist es probeweise in einigen öffentlichen Gebäuden eingeführt worden.[3]) Die Resultate sind nach glaubwürdigen Berichten, sowohl aus Stettin selber, als auch aus Hamburg und Berlin[4]), durchaus nicht ermuthigend; auch Schülke, der das Kloset selbst einige Jahre lang benutzt hat, spricht sich nicht zu Gunsten desselben aus.[5]) Das Streupulver wirkt mangelhaft: der Geruch des Kothes hört nicht auf, sondern wird nur in einen „unangenehmen Leichengeruch“ verwandelt; die Luft in anliegenden Wohnräumen wird verpestet; im Berliner Arbeitshause wurde das Kloset erträglich, als man nach dem Vorschlage A. Müller's ein ventilirendes Bleirohr aus dem Kloset nach der immer warmen Küchenesse hinleitete; doch auch jetzt konnte die Reinheit der Luft in den anstossenden Räumen nur dadurch erhalten werden, dass das Dienstpersonal dem Kloset besondere Aufmerksamkeit schenkte. Nach Müller soll die Wirkung des Streupulvers theilweise desshalb ungenügend sein, weil dasselbe, statt wasserfreien Kalkpulvers, mehr oder weniger feuchten Staubkalk enthält. Auch die Filtration des Harns durch Torfgrus ist, wie wir früher

---

1) Schür, Darstellung des ... Müller-Schür'schen Systems zur Abfuhr menschlicher Excremente. Stettin 1865.

2) Actenstücke über die Entwässerung Berlins. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IV. S. 469.

3) Varrentrapp, Ueber Entwässerung der Städte. S. 57.

4) Actenstücke u. s. w. S. 468 u. flgde.

5) Schülke, Gesunde Wohnungen. S. 206.

schon erwähnt haben, sehr mangelhaft: suspendirte Substanzen und Farbstoffe bleiben allerdings im Torfe zurück, und man hat sich desshalb durch die Klarheit des Filtrates verleiten lassen, dasselbe für indifferent zu halten, während es nach Kerner[1]) noch fast die ganze, im aufgegossenen Harne vorhanden gewesene Harnstoffmenge enthält.

Nach Allem, was über das besprochene Kloset bekannt ist, erhält man den Eindruck, dass es nicht nur keinen Anspruch darauf machen kann, unter städtischen Verhältnissen eine grössere Verbreitung zu erlangen, sondern dass es überhaupt keine Vorzüge besitzt — wenn man ihm nicht etwa den gewöhnlichen, primitiven Nachtstuhl gegenüberhalten will — und desshalb am besten ganz verlassen würde.

d. Das Petri'sche Verfahren.[2])

Diese Desinfectionsmethode bezweckt die Unschädlichmachung der Fäcalien und ihre Verwendung als Brennmaterial, was schon gegen Ende des vorigen Jahrhunderts von Lemery in Paris und 1827 von Reimann vorgeschlagen wurde. Petri bereitet zu diesem Zwecke ein Desinfectionspulver, dessen Zusammensetzung er geheim hält, das aber, nach den Analysen von Schürmann[3]), wesentlich aus Torf, Steinkohlengrus und Gastheer besteht.

Nach der Angabe Petri's befindet sich unter dem Sitze seines Abortes eine trogartige Abtrittsgrube, in welche eine grössere, für mehrere Wochen ausreichende Menge des Desinfectionspulvers und ausserdem Abfälle von Brennmaterialien (Torf-, Steinkohlen- und Coaksabfälle), Kehricht und feste Küchenabfälle kommen. Die hineinfallenden Kothmassen sollen sofort umhüllt und geruchlos gemacht werden, während der Urin durch Capillarität aufgesaugt wird. In Folge der hierdurch enorm vergrösserten Oberfläche der Flüssigkeit, soll dieselbe nach den Angaben Petri's rasch verdunsten und die Masse lange trocken bleiben. Behufs besserer Mischung des Pulvers mit den Fäcalien ist im Troge eine Rührschnecke angebracht, die des Tages einigemal gedreht werden soll. Der Abtritt kann übrigens auch in Form eines Nachtstuhls mit mechanischer Streuvorrichtung hergestellt werden. Die auf den Depotplatz abgeführten Fäcalien werden dort zuerst durch ein Drahtnetz von fremdartigen, allzugroben Beimischungen befreit, sodann mit dem dreifachen Volumen von Torf- oder Kohlengrus gemischt, mittelst Ziegelpresse in Ziegelform gebracht und an der Luft getrocknet. Die beim Verbrennen dieser Ziegel

---

1) Varrentrapp, a. a. O. S. 199 u. flgde.

2) Siehe Dingler's polytechn. Journ. 213. Bd. S. 258. 1874. — Petri, Kurzgefasste Darstellung der Reinigung der Städte und Fabrikanlagen u. s. w. 1877. — Ochwadt, Die Kanalisation mit Berieselung und das Dr. Petri'sche Verfahren.

3) Das Dr. Petri'sche Desinfectionsverfahren. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. VII. S. 747.

zurückbleibende Asche soll zum Düngen verwerthet werden. Uebrigens hat Petri auch aus der mit seinem Pulver gemischten Fäcalmasse direct Poudrette bereitet. Das ausserdem von Petri angegebene Desinfectionswasser besteht nach Schürmann aus einer alkalisch reagirenden Lösung von Chlorcalcium, die etwas Schwefelsäure und Magnesia enthält und mit Nitrobenzol parfümirt ist.

Es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, dass Geruchlosigkeit der Fäcalien mit dem Petri'schen Pulver wirklich erreicht werden kann; aber, wie Schürmann gezeigt hat, ist dasselbe bedeutend theurer als die Mischung der einzelnen Bestandtheile bei Abwesenheit jeglicher Speculation wäre. Jedenfalls besitzt das Verfahren keinen solchen Vorzug vor den übrigen Kloseteinrichtungen, dass es zu allgemeinerer Anwendung besonders empfohlen werden könnte. Auf grösseren Fabriken, wo Steinkohlenasche, Gastheer, nicht selten auch Torf, in bedeutender Menge schon vorhanden sind, mag die Verwendung derselben zur Desodorisation der Fäcalien unter Umständen gute Dienste leisten. Ueber die Rentabilität der Herstellung von Fäcalsteinen als Brennmaterial liegen hinlängliche Erfahrungen nicht vor.

e. Das Abortsdesinfectionssystem Friedrich's.

Das Besondere dieses Klosetsystems besteht in der Anwendung eines aus Carbolsäure, Thonerdehydrat, Eisenoxydhydrat und Kalk zusammengesetzten Desinfectionsmittels.

Das Pulver befindet sich in einem Drahtkorb, welcher seinerseits in einem eisenblechernen Kasten aufgehängt ist Dieser Kasten steht nach der einen Seite mit einem Wasserbassin, andererseits mit den Klosets oder anderweitigen Fäcalbehältern (Tonnen, Abtrittgruben) in Verbindung. Beim Gebrauche der Klosets strömt Wasser in den Kasten und setzt einen Luftsauger selbstthätig in Function, so dass das Desinfectionsmittel aufgerührt und dem Wasser beigemengt wird. Dieses Desinfectionswasser fliesst dann in die Klosets und mit den Fäcalien in die Tonne oder Abtrittgrube; es bewirkt eine ziemlich schnelle und vollständige Sedimentirung der festen Fäcalstoffe. Die flüssigen Massen laufen entweder direct in die Rinnsteine und Siele ab, oder werden behufs gründlicherer Reinigung erst noch durch Klärbassins geleitet. Die festen Sedimente werden in den Tonnen abgeführt oder, wo Abtrittgruben vorhanden sind, durch Auspumpen oder Ausschöpfen von Zeit zu Zeit entfernt.

Die Untersuchungen Hüllmann's[1]) über die sanitäre Bedeutung dieses Verfahrens haben gezeigt, dass die ablaufende Flüssigkeit trübe ist, alkalisch reagirt, nach Carbolsäure riecht, im Liter 5.64 Grm. Trocken-

1) Das Abortdesinfectionssystem des Herrn Max Friedrich in Plagwitz. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. XII. S. 112. 1880.

substanz, darunter 3.5 Grm. organischer Materie und unter Anderem den gesammten Stickstoffgehalt der festen und flüssigen Fäcalien enthält, dass sie aber trotzdem der Fäulniss ziemlich lange widersteht. Der Nutzwerth der festen Sedimente als Dünger ist verschwindend klein, die Kosten der Einrichtung der Desinfectionsanlage ziemlich bedeutend; die Desinfectionskosten stellen sich nach eigenen Angaben Friedrich's für Gefängnisse, Krankenhäuser u. dgl. auf 0.36 Mark per Kopf und Jahr; für kleinere Wohnungen auf 0.9 Mark, für Schulen nur auf 6—8 Pfg. per Kopf und Jahr. Die jährlichen Abfuhrkosten betragen für den Kopf etwa 1 Mark. Praktische Anwendung hat das Verfahren in mehreren öffentlichen Anstalten und vielen Privathäusern in Leipzig, sowie in der neuen Universitätsklinik in Halle gefunden. In Verbindung mit Abtrittgruben ist es für städtische Verhältnisse unbedingt zu verwerfen; werden zur Aufnahme und Trennung der Fäcalmassen Tonnen angewendet, so ist die Anlage mit denselben Nachtheilen behaftet, die jedes Tonnensystem mit Ablauf der flüssigen Fäcalmassen in Rinnsteine, Strassensiele und Wasserläufe bietet, da bei dem grossen Stickstoffgehalte des Ablaufwassers doch früher oder später Fäulniss desselben eintreten muss.

Für einzelstehende öffentliche Gebäude kann das Friedrichsche Verfahren unter gewissen Verhältnissen empfohlen werden, aber als „System" der Städtereinigung ist es nicht zu betrachten und darf es auf allgemeine Verbreitung keinen Anspruch machen.

Anhang: Die Poudrettebereitung.

Die Unmöglichkeit, die auf dem Wege der Abfuhr aus den Städten entfernten Excremente zu jeder Zeit in frischem Zustande an die Landwirthe abzusetzen, sowie die Verpestung der Umgebung durch grössere Fäcaliendepots, haben schon frühe zahlreiche Methoden zur Bereitung von aufbewahrungs- und transportfähigem Fäcaliendünger ins Leben gerufen. Die Verlegenheit der Städte eröffnete hier dem Speculationsgeist unternehmender Persönlichkeiten ein weites Feld der Thätigkeit: unzählige Mittel sind angepriesen, sehr viele praktisch versucht worden; es schien unglaublich, dass man nicht auf rentable Weise die in den Excrementen enthaltenen Dungstoffe gewinnen könne, und man hat an zahlreichen Orten dieser Idee, die oft hartnäckig verfolgt wurde, grosse Opfer gebracht. Die Erfahrung hat ein sehr hartes Urtheil über diese Bestrebungen gesprochen: die gehegten Erwartungen sind nirgends in Erfüllung gegangen; die Gesellschaften, die sich zur industriellen Ausnutzung der Fäcalien durch Poudrettefabrikation bildeten, waren meist nach kurzer Zeit ihres Bestehens genöthigt zu liquidiren, oder das Geschäft so zu betreiben, dass die sanitären Uebelstände, welche man mit der Verarbeitung der Excremente zu Poudrette vermeiden wollte, unbeseitigt blieben.

Diesen Thatsachen gegenüber kann es nicht als Beweis für die Zweckmässigkeit des Verfahrens gelten, wenn in einzelnen wenigen Fällen, unter ausnahmsweise günstigen Localverhältnissen, die Poudrettefabrikation auch gegenwärtig noch fortgesetzt wird. Es ist hier nicht möglich die zahlreichen Methoden zu beschreiben, welche zu diesem Zwecke vorgeschlagen worden und theilweise in Ausführung gekommen sind; wir müssen uns damit begnügen die Principien zu erwähnen, nach denen man dabei verfahren ist, und an einzelnen Beispielen die gewonnenen Resultate zu erläutern. Den auf Poudrettebereitung gerichteten Bestrebungen liegen zwei Hauptverfahren zu Grunde: erstens die Reduction des Volumens der Fäcalien und die Hemmung des Fäulnissprocesses durch Wasserentziehung, und zweitens die Isolirung der werthvollen Dungbestandtheile auf chemischem Wege. Nach diesen beiden Principien entstanden die folgenden Methoden der Poudrettefabrikation.[1])

Das Verdunsten an der Luft, mit Klärung der Flüssigkeit durch Ruhe. Diese Methode wird seit mehreren Decennien in Paris angewandt[2]), wo man schon zu Ende des vorigen Jahrhunderts begonnen hat die aus der Stadt abgeführten Fäcalmassen in trockenen Dünger zu verarbeiten.

In der Voirie von Bondy, wohin die Fäcalstoffe theils aus dem Depotoir von La Villette durch eine Röhrenleitung gepumpt, theils direct zu Schiffe transportirt werden (fosses mobiles), füllt man mit denselben grosse Teiche; hier lagern sich die schweren Stoffe ab, die Flüssigkeit aber wird durch Wasserverdunstung immer concentrirter; schliesslich wird ein Theil der letzteren zur Gewinnung von Ammoniak verwandt, der grössere Theil jedoch in die Seine abgelassen. Der Bodensatz wird mit Schaufeln aus den Bassins entfernt und an der Luft zum Trocknen ausgebreitet; die getrocknete Masse zerfällt in ein grobes Pulver, das dann noch gesiebt und hierauf in den Handel gebracht wird. Die auf diese Weise gewonnene Poudrette soll nur 1.5% Stickstoff, aber sehr viel Sand (30%) aus dem Pariser Strassenschlamm enthalten; der Verkaufswerth derselben erreicht blos 80% der Herstellungskosten. Ueberhaupt hatte schon Ende der funfziger Jahre die Stadt Paris bei dieser Art der Abfuhr und Verwendung der Excremente jährlich eine baare Auslage von mehr als einer Million Thaler. Der Geruch, welchen die Absatzbassins

1) Specielle Mittheilungen hierüber siehe u. A. bei Bürkli a. a. O. S. 159—175. — Fischer, Ueber die Verwerthung der städtischen und Industrieabfallstoffe. S. 110 u. flgde. — Lehfeldt, a. a. O. S. 51 u. flgde.

2) Hennike, Zur Kanalfrage. Bericht an den Magistrat von Berlin. 1866. Beil. XIII z. Communalblatt. S. 255. Angef. bei Varrentrapp a. a. O. S. 41. — Wiebe, Ueber die Reinigung und Entwässerung der Stadt Berlin. 1861. S. 82—97. — Bürkli, a. a. O. S. 16 u. flgde. — Note du Directeur des travaux de Paris etc. 1879. p. 60 u. flgde.

verbreiten, ist nach dem Zeugniss einheimischer, sowie auch fremdländischer Schriftsteller, welche die Anlagen in Bondy besuchten, äusserst intensiv. Ausserdem wurde trotz der Poudrettebereitung die Seine in hohem Grade durch die städtischen Schmutzwässer und Fäcalmassen verunreinigt, und dieser Umstand war es denn schliesslich auch, der die Stadt Paris nöthigte eine andere Verwendung für ihre Unrathstoffe zu suchen und im Jahre 1866 den Anfang mit der Berieselung zu machen. Doch kommen auch gegenwärtig noch Fäcalmassen in ziemlicher Menge nach Bondy, dessen grosse Kothbassins die Umgegend verpesten, da die Verarbeitung der Fäcalien beinahe ganz aufgehört hat. Ausserdem haben zwei grosse Privatgesellschaften zahlreiche Etablissements in der Nähe der Stadt gegründet, in welchen aus den Fäcalien Schwefelammonium gewonnen wird. Wegen des üblen Geruches, den diese Etablissements verbreiten, sind sie die Ursache grosser Uebelstände für die Adjacenten.[1])

Verdampfen durch künstliche Wärme. In primitivster Art wurde dieses Verfahren zuerst in dem kleinen Städtchen Hyde Manchester von der sog. Patent Eureka sanitary and manure company angewandt.[2])

Die in den Abtritten der Stadt in hölzernen Schachten gesammelten Excremente wurden in der Fabrik in Kesseln erhitzt und bis zu einem gewissen Grade ihres Wassers beraubt; aus dem hierbei entstehenden, zähen Brei wurde dann durch Zusatz von Asche eine trockene Masse dargestellt, die in Pulverform in den Handel kam. Trotz zahlreicher und sehr verwegener Reclamen gingen die Geschäfte dieser Gesellschaft schlecht, denn die Auslagen überstiegen den theoretischen Werth des Düngers um 100 Procent. — Die in Rochdale bestehende Poudrettefabrik, deren gegenwärtige Einrichtung das Resultat vieler und kostbarer Versuche war, bezweckt ebenfalls die Eindampfung der Excremente zn einem beinahe trockenen Pulver mit Hilfe von Wasserdampf. Der ziemlich consistente, breiartige Inhalt der Abtrittkübel wird unter Zusatz von Schwefelsäure (behufs Bindung von Ammoniak) in liegende, gusseiserne Cylinder geschüttet, in welchen sich ein aus Dampfröhren und Streichblechen bestehender, mit einer hohlen Welle verbundener Rührapparat bewegt; nach 8—9 Stunden in den älteren Maschinen, und schon nach 5—6 Stunden in den neueren, ist das Wasser fast ganz abgedampft und die breiige Masse in ein Pulver verwandelt. Das abfliessende Condensationswasser hat eine bräunliche Färbung und trübt das Wasser des Flusses, in welchen es abgeleitet wird; die nicht condensirbaren Gase werden über dem Roste eines Dampfkessels verbrannt. Der Trockendünger stellt etwas über 7 % des Gesammtinhaltes der Abtrittkübel dar; er enthält 56 % organische Bestandtheile (darin 3.083 Stickstoff) und 22.19 % schwefelsaures Ammoniak und findet guten Absatz. Dennoch rentirt die Fabrik sehr schlecht: Die Gesammtanlage hat 320.000 Mark gekostet; die jährlichen Ausgaben, incl. Zinsen, betragen ca. 180.000 Mark; die Einnahme für Poudrette im Jahre 1878 betrug 20.380 Mark. Zu bemerken ist, dass

1) Note du directeur des travaux de Paris; art. vidange. p. 62.

2) Lawes u. Gilbert, Ueber die Zusammensetzung, den Werth und die Benutzung d. städt. Kloakendüngers. Aus d. Engl. übersetzt v. Holtzendorff. 1867.

in Rochdale in die Kübel wenig Urin kommt; derselbe wird grossentheils in den Häusern angesammelt und an die Flanellfabriken verkauft. Der Eindruck, welchen die Anlage auf die Braunschweiger Commission[1]) machte, war kein ganz günstiger, obgleich der Betrieb als durchaus geregelt anerkannt werden musste. Die Ausdünstung der mit Fäcalmassen gefüllten, offenen Kübel machte den Aufenthalt in den Fabriken widerlich, während der Geruch der Poudrette durchaus nicht unangenehm war.

In Manchester bestehen gegenwärtig zwei Fabriken zur Ueberführung der Fäcalien in Trockendünger vermittelst Eindampfung. Das Princip der Verarbeitung ist dasselbe wie in Rochdale, nur sind die Anlagen grossartiger und planmässiger ausgeführt. Die nicht condensirten Gase verbrennen ebenfalls auf den Kesselfeuerungen. Da die Fäcalmassen in den Abtritten der Stadt Manchester mit Asche gemischt werden, so ist hier weniger Wasser zu verdampfen, und die Chargen dauern desshalb nur 4 Stunden; doch enthält aus demselben Grunde die Poudrette weniger Dungstoffe als diejenige von Rochdale, so z. B. nur 27.74% organischer Bestandtheile und Ammoniaksalze (mit 2.98 Stickstoff). Trotzdem der Verkauf der Poudrette im Ganzen gut geht, ist doch die Rentabilität der Anlage eine sehr schlechte. Die Ausgaben betrugen für das genannte Jahr 1.375.000 Mark (darunter allein für Gehalte und Löhne 665.000 Mark); die Einnahmen dagegen nur 392.680 Mark, woraus ein Deficit von über 982.000 Mark resultirt.

Ebenfalls auf dem Principe der Eindampfung beruhen die von Liernur planirten Poudrettefabriken. Doch ist bis jetzt nur eine solche Fabrik in Dordrecht erstellt worden, und auch diese wurde bis noch vor Kurzem ausschliesslich zu Probeversuchen benutzt.[2]) Zu erwähnen ist, dass sich hierbei die Angabe Liernur's, als ob der Abdampf der Pumpmaschine zur Poudrettebereitung allein genüge, nicht bestätigte, so dass directe Dampferzeugung nöthig war.

Das von Podewils[3]) vorgeschlagene Poudrettirungsverfahren beruht darauf, dass die Fäcalien über Feuer eingedickt werden und zwar in der Weise, dass die vom Feuer entwickelte Wärme zur Abdampfung benutzt und der von der Feuerung abziehende Rauch durch die Fäcalmasse (behufs Desinficirung derselben) gepresst wird. Die so conservirten Stoffe kommen sodann in Trockenkästen und werden durch darüber geleitete warme Luft noch stärker concentrirt. Die dickflüssige Masse, welche noch 50% Wasser enthält, wird mit wenig Trockenmaterial (Asche, Torfgrus u. s. w.) vermischt, zu Ziegeln geformt, an der Luft getrocknet und pulverisirt. Das Verfahren ist unseres Wissens noch nirgends zur Anwendung gekommen.

---

1) Mitgau, a. a. O. S. 41. Die obige Beschreibung der Poudrettefabriken in Rochdale und Manchester ist dem Berichte der Braunschweiger Commission entnommen. — Siehe hierüber auch einen Aufsatz Radcliffe's in: Supplementary Report of the Local Government Board on some recent inquiries under the Public Health-Act 1858. London 1874. Angeführt in Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IX. S. 481.

2) Berichte der Münchener Commission. Beil. VII z. III. Bericht. S. 17. 1879.

3) Podewils, Die Conservirung u. Poudrettirung d. Abfallstoffe durch Rauch.

Mechanische und chemische Filtration. Es sind mannigfache Mittel zur mechanischen Filtration der Excremente bei Abfuhrsystemen versucht worden, in der Absicht, durch Abfiltriren der flüssigen Bestandtheile das Volumen der wegzuführenden Fäcalmassen zu verringern und doch einen Theil der Dungstoffe zurückzuhalten. Es zeigte sich aber, dass mit der Flüssigkeit weitaus der grösste Theil der werthvollen Dungstoffe die Filter passirt, und dass ausserdem die letzteren sich rasch verstopfen. Man verfiel desshalb auf Filtrationsarten, bei denen die chemische Wirkung des Filters stärker zur Geltung kommen sollte, und sind in dieser Richtung zahlreiche Versuche in kleinem und grossem Maassstabe gemacht worden; aber man hat trotzdem noch keine Methode gefunden, die wirksam und zugleich so billig wäre, dass ihre Anwendung sich rentirte.

Bei dem Müller-Schür'schen Kloset wird zur Filtration des Harns der Torf gebraucht, aber wir haben oben schon gesehen, dass derselbe nicht die Fähigkeit besitzt, die stickstoffhaltigen Harnbestandtheile, so lange sie unzersetzt sind, zurückzuhalten.

Ein von Blanchard u. Comp. in Paris angegebenes Verfahren soll in dieser Beziehung zufriedenstellende Resultate geben, konnte aber, seiner Kostspieligkeit wegen, keine allgemeinere Verbreitung erlangen. Nach dieser Methode bedient man sich zur Aufnahme der Excremente Tonnen, die mit einem doppelten Boden versehen sind. Auf den oberen, durchlöcherten Boden kommt eine Schicht Pferdehaare, Gerberlohe u. s. w., in der Höhe von einigen Centimetern; darüber eine Schicht schwefelsaurer Magnesia und zuoberst noch eine mit Phosphorsäure getränkte Schicht einer filtrirenden Substanz. Beim Durchtreten durch das Filter gibt der Harn alles Ammoniak an die Phosphorsäure ab und fliesst geruchlos unten ab. Der zu hohe Preis der Phosphorsäure machte diese Art der Düngerbereitung nicht lohnend.

Immerhin muss man gestehen, dass die Abfuhrsysteme mit Tonneneinrichtung, sowohl in sanitärer als in öconomischer Beziehung wesentlich gewinnen würden, wenn es gelänge ein Mittel zu finden, welches erlaubte, die nutzbaren Stoffe, die ja auch gerade die hygienisch am meisten gefürchteten sind, durch eine entsprechende Filtervorrichtung in den Tonnen zurückzuhalten, während das reine Ablaufwasser den Sielen zugeleitet werden könnte.

Mischung der Excremente mit verschiedenen Substanzen, die denselben theilweise ihr Wasser entziehen und mehr oder weniger Geruchlosigkeit bedingen. Die meisten der hierzu angewendeten Methoden fallen mit den oben beschriebenen Kloseteinrichtungen zusammen. Sowohl vom sanitären, als auch vom finanziellen Standpunkt aus ist es wichtig zu wissen, dass durch die Beimischung von Strassenkehricht, Asche, Torf,

Erde u. s. w. zu den Excrementen, unter keinen Verhältnissen, wo es möglich ist auch den Harn in dieser Weise zu verwerthen, etwa die Hälfte des theoretischen Werthes der Fäcalmassen erzielt werden kann, dass aber in grösseren Städten, wo der Transport des Harns in die Düngerfabrik nicht möglich ist, der Werth des nur aus den festen Excrementen bereiteten Düngers viel zu gering wird, so dass der Verkauf des letzteren die Herstellungskosten nicht deckt.

In Lyon hat man sehr schlechte Erfahrungen gemacht mit einer Art der Poudrettebereitung, die darin bestand, dass man die Fäcalmassen erst mit Mutterlauge der Eisenvitriolfabriken, mit Manganlaugen, Kohle u. dgl. desodorisirte, sodann in grossen Behältern die festen Bestandtheile sich absetzen liess, dieselben mit kohlehaltiger Erde vermischte und schliesslich die Masse trocknete („noir animalisé).“[1]) Doch wurden nur die festen Excremente in dieser Art behandelt, während die flüssigen von der Fabrik selbst an die Landwirthe der Umgegend verkauft wurden, wodurch die Poudrette natürlich sehr an Werth verlor. Ueberhaupt gerieth das Geschäft der „Société générale des engrais lyonnais“ bald ins Stocken, und die Gesellschaft musste schon 11 Monate nach Eröffnung ihrer Thätigkeit liquidiren, nachdem sie innerhalb kurzer Zeit in 25 anderen französischen Städten derartige Fabriken errichtet hatte.[2])

Für die Poudrettebereitung mit Kalk, nach dem Vorschlage Mosselmann's, wurde in den sechziger Jahren in Paris viel Reclame gemacht.[3]) Doch hat sich dieses „System“ längst als eine Speculation seines Urhebers herausgestellt, berechnet auf den grossen Verbrauch von Kalk. Die Abtritteinrichtung nach Mosselmann bestand aus 2 Tonnen, von denen die eine mit einem Diviseur zur Trennung der Fäces vom Harne versehen war, die zweite den abgeleiteten Harn aufnahm; hierbei war der Urin genöthigt eine Schicht gebrannten Kalkes, der sich in dieser Tonne befand, von unten nach oben zu passiren; der letztere wurde hierdurch gelöscht, theilweise in Kalkhydrat, theilweise durch die im Urin enthaltene Phosphorsäure in phosphorsauren Kalk verwandelt. Ist der Urin noch unzersetzt, so entsteht hierbei kein unangenehmer Geruch, da in diesem Falle der Stickstoff durch Bildung salpetersaurer Salze gebunden wird; enthält aber der Urin schon kohlensaures Ammoniak, so bildet sich Calciumcarbonat, das Ammoniak wird frei und verpestet die Luft. Ueberhaupt nimmt die Mischung der Excremente mit Kalk schon nach wenigen Tagen einen widerlichen Geruch an. Zur Bereitung des Düngers („chauf animalisé“) wird der vorläufig durch Urin gelöschte Kalk mit den festen Excrementen aus der Separirtonne gemischt. Hierbei verflüchtigt sich ein grosser Theil des Ammoniak und verpestet die Luft. Das Verfahren erfordert ungeheure Mengen von Kalk, worauf schon von Salviati und

---

1) Dinglers's polytechn. Journ. Bd. 113. S. 310. 1849.

2) Bürkli, a. a. O. S. 169 u. flgde.

3) Collecte et vidange de déjections humaines par les fosses mobiles du système diviseur. — Ferner: Note présentée au Prince Napoléon ... par la chaufournière de l'Ouest. 1864.

Roeder, Thorwirth und Anderen aufmerksam gemacht worden ist[1]); man würde nämlich für die Behandlung der festen und flüssigen Excremente eines Menschen im Tag mindestens 3.2 Kilo Kalk nöthig haben, wodurch unerhörte Kosten verursacht werden müssten. Ausserdem entsteht durch Beimischung so grosser Kalkmengen zu den Fäcalmassen ein schlechter Dünger, da in diesem Falle der Boden, im Verhältnisse zu den wirklichen Dungstoffen, viel zu viel Kalk erhält. Wirklich sind auch in keiner der Städte, in welchen Versuche mit diesem Verfahren gemacht wurden, zufriedenstellende Resultate erhalten worden.

Das Verfahren von Goux[2]) benutzt zur Poudrettebereitung städtische Abfälle, wie Asche, Strassenkehricht, Stroh u. dgl., mit denen die die Excremente aufnehmenden Gefässe ausgefüttert werden. In der Düngerfabrik kommen ausserdem noch Chemikalien (Eisenvitriol, Schwefelsäure) hinzu. Nach Lehfeldt[3]), welcher die Ausführung des Verfahrens in einem englischen Lager und in der Stadt Halifax gesehen hat, sollen die Abtritte wenig Geruch verbreiten, während dagegen die Räume der Düngerfabrik nicht frei von üblen Ausdünstungen gefunden wurden. Der Ertrag aus dem Poudretteverkauf soll den Selbstkostenpreis der Herstellung des Düngers übersteigen. Doch ist zu bemerken, dass das System in Rochdale, wo es neben den Aschenklosets gebräuchlich war, bald wieder verlassen wurde.

Präcipitation der werthvollen Dungstoffe. Die hierher gehörigen Verfahren wurden vorzugsweise zur Reinigung von Kloakenwasser empfohlen und angewendet, und sollen deshalb weiter unten besprochen werden.

Wir können diesen Abschnitt nicht besser schliessen als mit den Worten Rawlinson's[4]), welcher in seinem Reiseberichte sagt: „dass, soweit seine Untersuchungen gehen, keine Darstellung von Poudrette aus städtischem Unrath, sei es mit oder ohne Anwendung chemischer Mittel, die Kosten des Verfahrens aufgebracht hat, und dass ebenso wenig ein Fall der Commission bekannt geworden ist, in welchem ein auf die Excremente allein beschränktes Verfahren die Kosten der Ansammlung und Zubereitung durch den Verkauf des Düngers gedeckt hätte“.

---

1) Varrentrapp, a. a. O. S. 60.

2) Buchanan and Radcliffe, On the systems in use in various northern towns for dealing with excrements (Twelfth report of the medical officer of the privy Council for 1869. p. 116). — Siehe auch Reinigung und Entwässerung Berlins. Anhang I. S. 88.

2) Lehfeldt, Der gegenwärtige Stand der Abfuhr- und Kanalisationsfrage in Grossbritannien. S. 51 u. flgde. 1872.

3) Report of a Comitee appointed by the President of a Local Government Board to inquire into the several modes of treating town sewage (Rawlinson, Read, Smith) 1876. Angeführt durch Varrentrapp, Deutsch. Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspfl. X. S. 586. 1878. — Siehe auch Sander, a. a. O. S. 384. — Ferner: Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IX. S. 501.

VI.

Allgemeine Beleuchtung der Abfuhrsysteme.

Es wäre unrichtig zu fragen, in wie weit die soeben beschriebenen Methoden der Fäcalienabfuhr den im Eingange dieses Abschnittes angeführten sanitären Forderungen an ein einheitliches, zweckmässiges Städtereinigungssystem entsprechen. Alle diese Methoden betreffen ja nur die Entfernung der Excremente und lassen de facto alle anderen Schmutzwässer und Abfallstoffe unberücksichtigt, wenn auch die Urheber derselben meistentheils anerkennen, dass neben den Abfuhranlagen auch die Kanalisirung des Städtegrundes für die Beseitigung des Regen-, Küchen- und sonstigen Abwassers nothwendig sei.[1]) Es ist also hier nur zu erörtern, ob und inwieweit diese Abfuhrverfahren ihren eigentlichen Zweck — die den Regeln der Gesundheitslehre entsprechende Entfernung der Fäcalien aus der Nähe menschlicher Wohnungen — erreichen und ob sie, in Verbindung mit den zur Ableitung der Schmutzwässer und zur Drainirung des Baugrundes vorzunehmenden besonderen Maassregeln, ein die sanitären Interessen der Stadtbevölkerung wahrendes und zugleich das Budget der Städte nicht allzusehr belastendes System der Städtereinigung darstellen.

Wenn wir von den für städtische Verhältnisse überhaupt zu verwerfenden Abtrittgruben absehen, so muss zugegeben werden, dass alle Systeme, bei welchen die Fäcalien, ohne Trennung derselben, in feste und flüssige Stoffe, in wasserdichten Tonnen, mit regelmässiger Auswechslung und Abfuhr, aufgenommen werden, im Stande sind, den Städtegrund vor Imprägnation mit menschlichen Excrementen zu bewahren, insoweit nämlich die letzteren in den Häusern selbst entleert werden.[2]) Diese Beschränkung der wohlthätigen Wirkung geregelter Tonnenabfuhr muss betont werden, denn aller Urin, der nicht in die Tonnen, sondern in öffentliche Pissoirs, oder in Ermangelung derselben, in Strassenwinkel, auf seitab gelegene Plätze u. dgl. gelangt, kann auch durch das beste Abfuhrsystem nicht vom Eindringen in den Boden zurückgehalten werden. Dieser Umstand gewinnt umsomehr an Bedeutung, als nach den vorliegenden Erfahrungen die Menge dieses Urins eine sehr bedeutende ist. Nur wo

1) Siehe z. B. die von Mittermaier verfasste Heidelberger Denkschrift: Die Reinigung und Entwässerung der Stadt Heidelberg, nebst einem Anhange über die Wasserversorgung der Stadt. 1870.

2) Dasselbe gilt natürlich auch von der pneumatischen Anlage Liernur's.

neben der Tonnenabfuhr noch ein regelrecht gebautes Sielsystem besteht (z. B. Zürich), wo also kein Hinderniss für die Aufstellung zahlreicher Pissoirs mit Wasserspülung, wie sie dem Bedürfniss einer städtischen Bevölkerung entsprechen, existirt, da kann man wirklich darauf rechnen, dass der Städtegrund bestmöglichst von Fäcalmassen frei gehalten werde, — aber damit ist auch das Princip der Abfuhr schon gebrochen. Dass die gewöhnlichen alten Strassenkanäle, welche in unseren Abfuhrstädten die nicht in die Tonnen gelangenden Unreinigkeiten aufnehmen, kein Schutzmittel gegen die Imprägnation des Bodens mit fäulnissfähigen Substanzen bilden, wurde oben schon hinlänglich erörtert.

Was die Reinhaltung der Wohnungsluft anbelangt, so stellen jedenfalls die Tonnen- und Klosetsysteme dem alten Grubensystem gegenüber einen grossen Fortschritt dar. Durch die Einführung der Tonne oder des Klosets mit Desodorisationsanlagen wird die Masse der jeweilen in der Nähe der Wohnungen vorhandenen Excremente wesentlich vermindert, die ausdünstende Oberfläche wird verkleinert, die widerlichen, viereckigen, hölzernen Fallrohre werden durch wasserdichte, eiserne oder thönerne Röhren ersetzt und somit die Gefahr der Luftverunreinigung im Hause bedeutend verringert. Ganz beseitigt wird sie nur, wenn der Abtritt mit Wasserspülung versehen ist oder eine zweckmässige Ventilation besitzt, deren Einrichtung aber in ärmeren Häusern nicht immer möglich sein dürfte, da sie mit gewissen Kosten verbunden ist. Unter allen Umständen bleibt es eine schwache Seite aller Tonneneinrichtungen ohne Separation, dass die Fallröhren und Abtritttrichter in der Regel nicht in der Weise mit Wasser gespült werden können, wie es nöthig wäre, um die innere Fläche derselben rein von Fäcalstoffen zu erhalten.

Auch die Entlastung der Wasserläufe von Fäcalmassen — abgesehen von der Verunreinigung derselben durch andere Schmutzwässer — wird durch die Tonnenabfuhr nicht erreicht, wie dies am lebhaftesten das oben schon angeführte Beispiel der Stadt Graz beweist, wo die in den Fässern abgeführten Fäcalien grösstentheils der Mur übergeben werden. Aehnliches gilt von Paris: für Städte mit Trennungsvorrichtungen, wie Paris und Zürich, gibt es keinen anderen Weg für den Urin, als Ableitung in die Flüsse, wenn man nicht, nach dem Vorgange der Schwemmkanalisation, zur Berieselung schreiten will.

Ueberhaupt ist die Frage nach dem Verbleib der Fäcalmassen eine sehr schwache Seite der Tonnenabfuhr. Sie könnte zwar mit unverhältnissmässigem Geldaufwand wohl befriedigend gelöst werden,

wie dies durch die Poudrettefabrikation in Manchester und Rochdale bewiesen wird; allein ein System, das solche Ansprüche an das Budget der Bevölkerung macht, dürfte wohl nicht zu allgemeiner Anwendung zu empfehlen sein. Meistens zwingt die Höhe der Abfuhrkosten die Unternehmer, die Fäcalien in grösster Nähe der Städte abzulagern oder sich derselben auf irgend eine andere Weise zu entledigen, wobei die sanitären Interessen der Bevölkerung selten gehörig berücksichtigt werden.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass die auf Abfuhr der Excremente hinzielenden Anlagen ihren eigentlichen Zweck — die Reinhaltung des Bodens, der Luft in Haus und Hof und der Wasserläufe — selbst bei mustergiltiger Construction der Tonnenabtritte und guter Organisation der Abfuhr keineswegs vollständig erreichen, und dass sogar die Erhaltung der Dungstoffe für die Landwirthschaft, die so oft als ein Hauptverdienst der Abfuhrmethoden hingestellt wird, nur äusserst mangelhaft erzielt wird. Dazu kommt noch, dass, wenn die Reinheit des Städtegrundes wenigstens einigermaassen gewahrt werden soll, der Wasserverbrauch in Haus und Hof auf das Allernothwendigste beschränkt werden muss, — ein Uebelstand, dessen Bedeutung vom sanitären Standpunkt aus jedenfalls nicht zu gering angeschlagen werden darf.

Die genannten Missstände könnten nun allerdings grösstentheils dadurch beseitigt werden, dass man mit geregelter Abfuhr der Excremente alle diejenigen Einrichtungen verbinden würde, welche als nothwendige Attribute eines vollkommenen Städtereinigungssystems erscheinen, wie dies z. B. das von Vogt projectirte „Separatsystem" verlangt. Aber man würde hiermit zu einer Combination gelangen, die in unnöthiger Weise die städtischen Finanzen belasten müsste und desshalb nicht empfohlen werden kann, auch wenn sie in sanitärer Beziehung allen vernünftigen Forderungen gerecht würde. Nur wenn es keine andere Methode der Städtereinigung gäbe, welche die Principien der Gesundheitslehre mit geringeren Mitteln verwirklichen könnte, wäre die Ausführung eines solchen Doppelsystems gerechtfertigt.

VII.

Die Schwemmkanalisation.

Den oben genannten Anforderungen der Gesundheitslehre an ein zweckentsprechendes Städtereinigungssystem sucht man in neuerer Zeit vielfach durch ein einheitliches Sielsystem zu entsprechen, welches, ausser den menschlichen Fäcalien, auch das Regenwasser und alle Schmutzwässer aus Haus, Hof, Strasse und gewerblichen An-

lagen aufnimmt und zugleich die Drainirung der oberflächlichen Bodenschichten besorgt. Soll dieser Zweck erreicht werden, so sind von Seite der Gesundheitslehre an die technische Ausführung des Sielsystems zahlreiche Anforderungen zu stellen, die sich im Wesentlichen auf folgende Punkte beziehen:

a. Plan der gesammten Kanalanlage.
b. Material zum Bau der Kanäle und Röhren; Wasserdichtigkeit der letzteren.
c. Tieflage der Strassenkanäle; Drainirröhren.
d. Querprofil, Gefälle, Nothauslässe, Spülung.
e. Schlammkästen (Gullies) u. dgl.
f. Hausleitungen; Wasserklosets.
g. Ventilation; Kanalgase.
h. Verbleib der Kanalflüssigkeit (Ablauf in die Flüsse, Filtration, Reinigung durch chemische Mittel, Berieselung).

Bevor wir zur Besprechung dieser einzelnen Punkte übergehen, soll darauf aufmerksam gemacht werden, dass man bei der praktischen Durchführung der Kanalisation nothwendigerweise in jeder Stadt auf besondere Localverhältnisse in Bezug auf Terrain, physikalische und geognostische Bodenbeschaffenheit, Klima u. s. w. stösst, deren Kenntniss von grosser Wichtigkeit für den Plan der ganzen Anlage und für die Ausführung der technischen Details sein kann. Das Studium derselben macht gewisse Vorarbeiten nöthig, deren Unterlassung oder mangelhafte Ausführung sich bei einer Anlage, die so bedeutende finanzielle Opfer erheischt, wie ein richtig angelegtes Sielsystem, schwer rächen kann.[1]) Hierher gehören:

1. Untersuchungen des Bodens und Grundwassers.
2. Meteorologische Beobachtungen.
3. Wasserversorgung der Stadt.
4. Bebauung des Flächenareals der Stadt; Vertheilung der Bevölkerung auf die einzelnen Stadttheile.
5. Morbilitäts- und Mortalitätsverhältnisse.
6. Ergiebigkeit des Wasserlaufes, an dem die Stadt gelegen ist, und — im Falle der Verwendung des Kanalwassers zur Berieselung — Untersuchungen über die Boden- und Grundwasserverhältnisse der Rieselfelder.

---

1) In grossartigem Maassstabe sind solche Vorarbeiten während der Jahre 1863—69 in Berlin ausgeführt worden durch die sog. „städtische gemischte Deputation für die Untersuchung der auf die Kanalisation und Abfuhr bezüglichen Fragen". Alle von dieser Commission veranlassten Untersuchungen, sowie die Uebersetzungen zahlreicher Actenstücke aus England, die Städtereinigungsfrage betreffend, sind niedergelegt in einem aus 12 Heften bestehenden Werke: Reinigung und Entwässerung Berlins. — Sehr wichtig sind auch die in den Jahren 1876—80 erschienenen Berichte über die Verhandlungen und Arbeiten der vom Stadtrathe München niedergesetzten Commission für Wasserversorgung, Kanalisation und Abfuhr.

Terrain- und Bodenverhältnisse; Grundwasser. Da für die Ableitung des Wassers aus einer Stadt die Höhenverhältnisse der verschiedenen Stadttheile bestimmend sind, so muss der Aufstellung des Planes der Kanalanlage ein genaues Nivellement der Bodenoberfläche vorausgehen. Dasselbe kann sich auf den Normalpegelstand des nächstliegenden Wasserlaufs beziehen. Ebenso nothwendig ist die Kenntniss der physikalischen, geologischen und geognostischen Beschaffenheit der obersten Schicht des Städtegrundes, bis zur ersten für das Wasser undurchdringlichen Thonlage, auf welcher sich das Grundwasser ansammelt, denn in der Regel kommen die Siele in diese Schicht zu liegen. Es muss also durch Bohrungen eine je nach der Flächenausdehnung der Stadt verschiedene Anzahl von Bodenprofilen hergestellt werden, wodurch man auch in den Stand gesetzt wird, eine Reliefkarte des unterirdischen, wasserdichten Untergrundes der Stadt herzustellen. — In nördlich gelegenen Städten, wo der Boden monatelang auf drei bis vier Fuss Tiefe[1]) gefroren ist, sind Messungen der Bodentemperatur im Laufe des Winters, und zwar in verschiedener Tiefe, vorzunehmen, damit man wisse, wie tief Strassenröhren und Hausleitungen zu legen sind, wenn man das Gefrieren ihres Inhaltes verhindern will. Die Niveau- und Strömungsverhältnisse des Grundwassers müssen genau bekannt sein, wenn es sich um Drainirung des Städtegrundes handelt; man hat deshalb Stand und Schwankungen des Grundwassers sorgfältigen Beobachtungen zu unterwerfen, die an verschiedenen, je nach der Niveau- und Bodenbeschaffenheit auszuwählenden Stellen wenigstens während Jahresfrist auszuführen sind. Wichtig und interessant sind auch chemische Analysen des Bodens und des Grundwassers an verschiedenen Stellen der Stadt, — unter den Strassen, auf den Höfen, in der Nähe von Abtrittgruben u. s. w. Dieselben dienen dazu, den Grad der Durchtränkung des Bodens mit Zersetzungsproducten organischer Substanz zu erfahren. Sie müssen auch nach Einführung der Kanalisation von Zeit zu Zeit wiederholt werden, um den Einfluss der letzteren auf die Reinigung des Bodens zu controliren.

Meteorologische Beobachtungen. Eine genaue Kenntniss der Menge der atmosphärischen Niederschläge bildet die erste Grundlage für die Berechnung derjenigen Flüssigkeitsmengen, welche durch die Siele abgeführt werden sollen. Die gewöhnlichen meteorologischen Beobachtungen sind für den Zweck, der hier im Auge gehalten werden muss, ungenügend: es ist nöthig zu wissen, wie viel Regen unter Umständen in einer ganz kurzen Zeit, z. B. einer Stunde, fallen kann, denn die Sielanlage muss darauf eingerichtet sein, dass auch bei Platzregen von kurzer Dauer, aber grosser Heftigkeit, alles von den Strassen ablaufende Wasser durch die Siele abgeführt werden kann. Es müssen also zur Zeit starker Regengüsse stündliche Messungen der atmosphärischen Niederschläge vorgenommen werden. Ausserdem ist es nicht unwichtig, eine Uebersicht der Vertheilung des Regens über das ganze Städteareal zu haben, denn die Erfahrung lehrt, dass manchmal heftige Platzregen nur einzelne Theile

---

1) Die Tiefe, bis zu welcher der Boden in St. Petersburg gefriert, beträgt nach den Untersuchungen von Dr. Klimontowitsch (Inaug.-Diss.) 0.45 bis 1.0 Meter.

einer grossen Stadt treffen oder wenigstens nur auf ein beschränktes Gebiet in voller Stärke sich ergiessen, so dass Beobachtungen, die nur an einer Stelle gemacht werden, kein wahres Bild von der wirklich auf das Weichbild der ganzen Stadt in der gegebenen Zeit fallenden Regenmasse geben. — Auch die Vertheilung der Regenmengen auf die verschiedenen Jahreszeiten sollte bekannt sein, denn bei Bewirthschaftung der Rieselfelder muss auf die durch Regenwetter voraussichtlich veranlasste wechselnde Menge der Zuflüsse Rücksicht genommen werden.

Beobachtungen über die Verdunstungsgrösse haben für Berechnung der Querprofile der Siele einen untergeordneten Werth, da bei Platzregen die Quantität des den Sielen zuströmenden Wassers von der Verdunstungsgrösse nur höchst unbedeutend beeinflusst werden kann. Weit wichtiger ist es, zu wissen, welcher Procentsatz des niederfallenden Regens zur Versickerung gelangt: ausser von der physikalischen Beschaffenheit der obersten Bodenschicht, hängt diese Grösse von der Art der Bebauung des Städteareals ab (s. unten).

Die Messungen der Lufttemperatur, ihrer Maxima und Minima, können den Beobachtungen der meteorologischen Stationen entnommen werden.

Wasserversorgung. Da eine Stadt nicht eher kanalisirt werden sollte, als bis sie mit Wasserleitung versehen ist, weil nur dünnflüssige Substanz in die Siele gebracht werden darf, so sind alle die Wasserversorgung betreffenden Untersuchungen, sowie die Anlage der Wasserleitung selbst, in das Bereich der Vorarbeiten für die Kanalisation zu ziehen. Hierbei ist vom Standpunkte der Kanalisation aus von besonderer Wichtigkeit die Quantität des Wassers, welche einer Stadt zugeführt werden kann, da Mangel an Wasser in den Sielen zu wesentlichen Uebelständen Veranlassung geben muss. Die gegenwärtig im Interesse der Reinlichkeit in Haus, Hof und Strasse als nothwendig anerkannte Wassermenge von 150 Liter im Durchschnitt pro Kopf und Tag scheint auch zum Betriebe eines Schwemmkanalisationssystems vollkommen zu genügen.

Bebauung des Flächenareals; Vertheilung der Bevölkerung. Genaue Ermittelungen hierüber sind nöthig, um die Röhrenweiten für die einzelnen Strassen festzustellen. Man muss wissen, wie gross in jedem der einzelnen Entwässerungsgebiete die unbebaute Fläche (Gartenanlagen, leere Bauplätze u. dgl.) ist, welche den Kanälen kein oder nur wenig Regenwasser zuführt, und wie gross andererseits die Fläche der gepflasterten Höfe und Strassen und der Dächer ist, von welchen für schnelle Ableitung des Regenwassers Sorge getragen werden muss. — Ausser der Grösse des Entwässerungsgebietes sollte auch die Zahl der Bewohner desselben und ihre Vertheilung nach Strassen und Häusercarrées bekannt sein, wenn man in Bezug auf Bestimmung der Grösse der Zweigkanäle und Röhren mit der nöthigen Oeconomie verfahren will. Wenngleich hierbei überall auf eine weitere Bebauung und auf eine voraussichtliche Vermehrung der Einwohnerzahl die gebührende Rücksicht genommen werden muss, so wird es doch viel zur Ersparung von Kosten beitragen, wenn man die Grösse der Siele überall nach möglichst sicheren Unterlagen auf das wirklich zu übersehende Bedürfniss beschränkt.[1])

---

1) Wiebe, Genereller Entwurf eines Kanalisationssystems zur Reinigung und Entwässerung der ... Stadt Königsberg. S. 59. 1880.

Die Kenntniss der durchschnittlichen, sowie der minimalen Wassermenge des Flusses, an welchem die zu kanalisirende Stadt liegt, kann von grosser Wichtigkeit werden, wenn es sich darum handelt, ob der Kanalinhalt dem Flusse zugeleitet werden dürfe oder nicht. Der Stand des Grundwassers und die Richtung der Grundwasserströmung, sowie überhaupt die Drainageverhältnisse eines Terrains, welches zu Rieselanlagen benutzt werden soll, müssen vorläufigen Beobachtungen unterworfen werden, damit nicht für anliegende Ortschaften aus der Berieselung Uebelstände erwachsen, welche nachher nicht immer leicht zu beseitigen sind.

Morbilitäts- und Mortalitätsverhältnisse. Man hat sich sehr daran gewöhnt, die nackte Sterblichkeitsziffer eines Ortes als Maassstab für dessen Salubrität zu betrachten und hat bei einer derartigen Verwendung der Mortalität als Kriterium für sanitäre Zustände keine Rücksicht genommen auf Verschiedenheiten in den Local- und Wohnungsverhältnissen, auf die Beschäftigungsweise und zahlreiche andere Lebensumstände, welche direct oder indirect die Sterblichkeitsziffer beeinflussen können. Aus diesem Grunde haben die Angaben über Vermehrung oder Verminderung der Gesammtmortalität nach Durchführung gewisser sanitärer Maassregeln einen nur sehr bedingten Werth. Dennoch ist es nothwendig den sanitären Effect solcher Maassregeln durch die Bewegung der Bevölkerung controliren zu können. Hierzu ist aber eine auf das Zahlblättchensystem gegründete Mortalitätsstatistik unerlässlich, und, ausser dem Todestage und der Todesursache, bedürfen wir in Bezug auf jedes gestorbene Individuum genauer Angaben über Geschlecht, Alter, Beschäftigung, Strasse, Haus und Stockwerk, in welchem es gestorben ist. Nur wenn dies Alles bekannt ist, erfahren wir, ausser der Grösse der Sterblichkeitsziffer, auch den Charakter der Mortalität, gewinnen Anhaltspunkte zur Beurtheilung der sanitären Eigenschaften jeder einzelnen Strasse, jedes einzelnen Hauses u. s. w., und nur dann sind wir wirklich im Stande zu sagen, ob in gewissen Strassen, Häusern, Stadttheilen nach Durchführung von Sanitätswerken die Mortalität an gewissen Krankheiten (z. B. Abdominaltyphus, Cholera, Intermittens, Schwindsucht) abgenommen hat oder nicht. Noch weit besser als durch eine, wenn auch vervollkommnete, Mortalitätsstatistik, würden sich die Gesundheitsverhältnisse der Städte durch zuverlässiges Material über die Erkrankungshäufigkeit, d. h. eine gut organisirte Morbilitätsstatistik, controliren lassen. Dass eine möglichst genaue Kenntniss der Bevölkerungsgrösse und ihrer Schwankungen die Grundlage jeder Statistik über Mortalität und Morbilität bilden muss, versteht sich von selbst.

a. Der Plan der Sielanlage.

Das Schema eines Systems von Schwemmkanälen ist im Wesentlichen folgendes:

Die ganze Stadt ist von einem Netz unterirdischer Kanäle durchzogen, das sich vom Centrum nach der Peripherie hin, entsprechend der Masse der von ihm aufzunehmenden Flüssigkeit, teleskopenartig

erweitert. Das Kanalnetz hat die Form eines vielfach verästelten Baumes: an den Enden der feinsten Zweige hat man sich die Häuser mit den Wasserklosets, den Ausgussöffnungen in Küchen, Waschküchen, Badestuben, gewerblichen Anlagen u. s. w. zu denken, der Stamm entspricht dem Sammelkanal, in welchen die grösseren Strassenkanäle einmünden; die Häuser stehen mit den Strassenröhren und Kanälen durch sog. Hausleitungen in Verbindung, in welche gewöhnlich auch die Regenröhren einmünden. Die Strassen besitzen, je nach ihrer Breite, entweder nur einen Kanal, in der Mitte, oder aber zwei Kanäle, die zu beiden Seiten längs der Trottoire angelegt sind. Das Strassenwasser fliesst den Kanälen durch besondere Oeffnungen zu, die mit Vorrichtungen zur Abhaltung des Schlamms (Schlammkasten, Gullies) versehen sind. Um das Ausströmen der Sielluft in die Häuser zu verhindern, sind an verschiedenen Stellen der Hausleitungen sog. Wasserverschlüsse von mannigfaltiger Form angebracht.

Bei den Sielanlagen aus früherer Zeit waren sehr oft keine eigentlichen Sammelkanäle (Collectoren) vorhanden, welche die Kloakenflüssigkeit der ganzen Stadt in sich aufgenommen hätten; meistentheils liefen die einzelnen Strassensiele direct den die Städte durchziehenden Wasserläufen zu. Als Beispiel eines Sammelkanals aus dem vorigen Jahrhundert ist der Bach von Ménilmontant in Paris zu nennen, der schon seit dem 15. Jahrh. einen grossen Theil der Kloakenflüssigkeit der Stadt der Seine zuführte und im Jahre 1750 überwölbt wurde.[1]) Aber auch die im Ganzen zweckmässig ausgeführten Sielanlagen der neueren Zeit entbehrten anfangs der Collectoren, welche die Kloakenflüssigkeit definitiv aus der Stadt entfernt hätten; gewöhnlich hatten die Kanäle, dem Laufe der Strassen und dem natürlichen Gefälle folgend, die Richtung perpendiculär auf den Fluss, welcher die betreffende Stadt durchströmt. Da in Folge dessen der Sielinhalt noch innerhalb der Städte den Flüssen zulief, so war die hierdurch entstehende Verunreinigung der letzteren mit grossen Uebelständen für die Stadtbevölkerung verbunden. Als Beispiel hierfür mag London gelten, wo bekanntlich im Sommer 1855 wegen des üblen Geruchs, den die mit Sielinhalt verunreinigte Themse verbreitete, die Parlamentssitzung aufgehoben werden musste.[2]) Diesem Uebel half man, nach dem Vorschlage Bazalgette's, durch den Bau der sog. Abfangskanäle (intercepting sewers) ab; dieselben stellen Sammelkanäle dar, welche, meist parallel zum Flusse ver-

1) Note du directeur des travaux de Paris etc., art. égouts. p. 43.

2) Siehe hierüber die Schilderung von Durand-Claye bei Fonssagrives, Hygiène et assainissement des villes. p. 233.

laufend, die Strassenkanäle rechtwinklig durchschneiden, den Inhalt derselben aufnehmen und erst weit unterhalb der Stadt denselben dem Flusse übergeben. Nach diesem Princip wurden dann allgemein die neueren Kanalisationsanlagen in England ausgeführt, und dasselbe stellt zweifellos einen wesentlichen Fortschritt den früheren Zuständen gegenüber dar. Noch weiter vervollkommnet wurde die Anlage der Schwemmkanäle durch Hobrecht, welcher zu Ende der sechziger Jahre, bei Projectirung der Kanalisation Berlins, vorschlug, die Stadt in mehrere Entwässerungsgebiete zu zerlegen und jedes einzelne derselben mit einem unabhängigen Kanalsystem, dessen Mündung in der Peripherie des betreffenden Stadttheiles liegen sollte, zu versehen.[1]) Da hierbei die Kanäle radial vom Centrum nach der Peripherie verlaufen, so wurde diese Art der Kanalanlage von Hobrecht „Radialsystem“ genannt.

Ein Vergleich des „Radialsystems“ mit dem System der „intercepting sewers“ ergibt folgende wesentliche Unterschiede zwischen beiden:

Bei dem System der intercepting sewers ist es eine natürliche Folge der Anlage, dass die obersten Enden der Kanäle und Röhren, wo die letzteren das geringste Querprofil haben, sich in der Peripherie der Stadt befinden, während die Hauptkanäle im Centrum derselben liegen. Da nun das Wachsthum der Städte nicht im Centrum erfolgt, sondern an der Peripherie, so muss beim System der intercepting sewers die ganze Anlage so planirt werden, dass sie auch bei sehr bedeutender Ausdehnung der Stadt immer noch genügt. Um hierbei einen Anhaltspunkt für die Berechnung der nothwendigen Grösse der Kanäle zu haben, muss man durch statistische Erhebungen zu ermitteln versuchen, wie gross der Zuwachs der Stadtbevölkerung unter möglichst günstigen Bedingungen in einer längeren Reihe von Jahren (mehrere Decennien) sich voraussichtlich gestalten wird. Es ist nun klar, dass man sich in solchen Berechnungen ungemein täuschen kann, da oft ein unvorhergesehener Zufall aussergewöhnlich rasches Wachsthum einer Stadt bedingt, die bisher ziemlich regelmässig und langsam zugenommen hatte. Aber auch wenn man bei dieser Berechnung der Wahrheit ziemlich nahe kommt, so muss doch die auf einen bestimmten Zuwachs der Bevölkerung berechnete Anlage für die wirklich existirende Menge der Einwohner in allen Theilen viel zu gross sein, und zwar bleibt sie zu gross, bis die Zeit eintritt, wo die Bevölkerungszahl die erwartete Höhe erreicht. Dieser Umstand ist schon aus dem Grunde fatal, weil mit der Grösse der Siele auch die Baukosten wachsen. Aber ausserdem besteht eine gewisse Relation zwischen der Grösse der Kanäle und Röhren, der Menge ihres Inhaltes und der Strömungsgeschwindigkeit des letzteren in dem Sinne, dass die Geschwindigkeit bei einer gewissen Füllung am grössten ist, während jede Störung dieses Verhältnisses dem raschen Abflusse des Sielinhaltes ungünstig ist.

1) Die Kanalisation von Städten. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. I. S. 223. 1869.

Schliesslich ist zu erwähnen, dass, nachdem einmal der erwartete Zuwachs der Bevölkerung erreicht oder überschritten ist, das Kanalsystem für das vorhandene Bedürfniss zu klein zu werden beginnt. Aus dieser Lage ist es dann schwer einen Ausweg zu finden, weil die obersten, engsten Theile der Siele sich gerade da befinden, wo das Wachsthum der Stadt vorschreitet — an der Peripherie. Es ist also ein Anschluss neuer Stadttheile an das alte Kanalsystem überhaupt nicht mehr möglich, oder kann nur dadurch erreicht werden, dass man den Hauptkanal vergrössert und die Kloakenflüssigkeit der neueren Stadttheile durch besondere Leitungen demselben direct zuführt.

Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn die obersten engsten Enden des Kanal- und Röhrennetzes im Mittelpunkt der Stadt beginnen, wo eine erkleckliche Vermehrung der Bevölkerung unmöglich ist. Hier ergibt sich der grosse Vortheil, dass die radial vom Centrum zur Peripherie verlaufenden Kanäle einem bestimmten, sich nicht mehr ändernden Bedürfnisse entsprechend gebaut werden. Wenn sich die Stadt ausdehnt, so können die Entwässerungskanäle der neuentstandenen Strassen und Stadttheile einfach mit den schon bestehenden Collectoren verbunden werden, während das Sielsystem der alten Stadttheile unberührt bleibt. Beim Bau der Sammelkanäle muss man natürlich auch hier das wachsende Bedürfniss im Auge haben; sollte ein wider Erwarten rasches Wachsthum der Stadt eintreten, so würden doch auch im schlimmsten Falle nur die unteren Theile der Sammelkanäle eines Umbaues bedürfen.

Aber das Radialsystem hat noch andere wichtige Vorzüge vor dem System der intercepting sewers. Führt man, wie dies beim letzteren der Fall ist, die Hauptkanäle durch das Centrum der Stadt, so dass dieselben, wenn man sich das Areal der Stadt als Kreisfläche vorstellt, einem Durchmesser dieses Kreises gleichkommen, so werden sie begreiflicherweise länger werden als die Hauptkanäle des Radialsystems, die nur einem Radius des betreffenden Kreises gleichkommen. Daraus folgt aber, dass bei der Anlage mit intercepting sewers das untere Ende dieser Kanäle, im Interesse der Herstellung des nöthigen Gefälles, sehr tief in die Erde gelegt werden muss, was die Kosten der Anlage bedeutend vergrössert. Sodann ist es, bei Zerlegung der Stadt in mehrere selbstständige Entwässerungsgebiete, viel leichter, die gegebenen Terrainverhältnisse und das natürliche Gefäll der Oberfläche auszubeuten, als wenn für die ganze Stadt ein in sich zusammenhängendes Sielsystem projectirt wird. Dazu kommt, dass es bei sehr grossen Städten oft äusserst schwierig oder sogar unmöglich sein dürfte, in einer einzigen Richtung und nicht allzu grosser Entfernung von der Stadt die nöthige Menge Landes zur Berieselung zu finden, während dies beim Radialsystem, wo das Kloakenwasser in verschiedenen Richtungen aus der Stadt geleitet wird und desshalb die einzelnen Rieselfelder weit geringere Dimensionen haben können, viel leichter sein wird. Schliesslich hat die Decentralisation der Sielanlage noch den Vortheil, dass hierbei, je nach den vorhandenen Bedürfnissen und Geldmitteln, ein Stadttheil nach dem anderen entwässert werden kann, während beim System der intercepting sewers auf einmal die Sielanlage für die ganze Stadt oder wenigstens für alle an ein- und demselben Flussufer gelegenen Theile derselben projectirt werden muss.

Mit dem Gesagten soll durchaus nicht behauptet werden, dass in Zukunft die Kanalisation der Städte immer nach dem Radialsystem anzulegen sei. Der Plan der Sielanlage wird unter allen Umständen von der Grösse der Stadt selbst und von den gegebenen Terrainverhältnissen abhängen: für flachgelegene, grössere Städte wird sich das Princip des Radialsystems vortheilhaft zur Geltung bringen lassen; ist die Bodenoberfläche innerhalb der Stadt terassenförmig gestaltet, oder liegt die Stadt in einem Thalkessel und an den Halden der umliegenden Höhenzüge, so wird es sich empfehlen die Sielanlage den verschiedenen Höhenzonen entsprechend zu differenziren und jeder Höhenzone ein Kanalsystem zu geben, das unabhängig von demjenigen der übrigen Zonen functionirt, wie dies in Frankfurt a. M. schon ausgeführt (Berg- und Thalsystem), für viele andere Städte (München, Stuttgart, Basel, Wien, Königsberg) projectirt ist. Hierbei wird es in der Regel sich nicht empfehlen, das Kanalwasser aus den höher gelegenen Stadttheilen den Collectoren der tieferliegenden Zonen zuzuführen, da man sonst in den Fall kommen könnte, die Flüssigkeit behufs der Berieselung hochgelegener Aecker wieder künstlich heben zu müssen.[1])

b. Material der Kanäle und Röhren; Wasserdichtigkeit der Siele.

Die Strassenleitungen des Schwemmkanalisationssystems bestehen, je nach ihrem Durchmesser, aus gemauerten Kanälen oder aus Röhren. Im Interesse der Billigkeit ist eine möglichst ausgedehnte Anwendung der Röhren wünschenswerth, doch sind derselben aus technischen Gründen gewisse Grenzen gesetzt, die nicht wohl überschritten werden dürfen, wenn die Anlage den wünschenswerthen Grad von Dauerhaftigkeit erhalten soll.

In Berlin hat man früher Röhren bis zu 0.63 Meter Durchmesser gelegt, später schritt man bei Leitungen, die mehr als 0.50 Meter Durchmesser erhalten sollten, zum Bau gemauerter Kanäle.[2]) In Frankfurt a. M. ist man noch weiter gegangen und hat schon bei Strassenleitungen von mehr als 0.4 Meter Durchmesser die Anwendung gemauerter Kanäle den

1) Siehe die Decentralisationsvorschläge bei Göttisheim, Die Kanalisation in Basel. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. V. S. 523. 1873. — Avigdor, Das Wohlsein der Menschen in Grossstädten. S. 166. 1874. — Gordon, Erläuterungsber. zu dem Dispositionsplane über die Anlagen von Spülkanälen in ... Stuttg. 1874. Bespr. v. Varrentrapp, Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. VII. S. 437. 1875. — Wiebe, Genereller Entwurf eines Kanalisationssystems ... der Stadt Königsberg. S. 8. 1880.

2) Berichte der Münchener Commission. Beil. VII z. III. Ber. S. 39.

Röhren vorgezogen.[1] Breslau hat gemauerte Kanäle bis zu einem minimalen Durchmesser von 0.47 Meter.[2] Dementsprechend ist das Verhältniss der Längen der gemauerten Kanäle zu jenen der Röhrenkanäle in den kanalisirten deutschen Städten sehr verschieden[3]: in Berlin (Radialsystem III) ist es gleich 1 : 7; in Danzig gleich 1 : 9; in Breslau gleich 1 : 2; in Frankfurt a. M. gleich 4.9 : 1; für München projectirt gleich 2.33 : 1.

Zur Anlage der Röhrenkanäle werden meist hartgebrannte und inwendig glasirte Thonröhren oder aber eigentliche Steinzeugröhren verwendet. Dieselben haben eine sehr glatte Oberfläche und widerstehen sowohl den zerstörenden Einflüssen von Seite des Kanalwassers, als auch dem Druck der Erde von aussen. In Ermangelung geeigneten Thones ist man genöthigt die Röhren aus Béton herzustellen; bei gehöriger Sorgfalt kann die innere Oberfläche solcher Röhren vollkommen glatt gemacht werden.[4] Berlin, Danzig und Breslau haben Thonröhren; Frankfurt a. M. hat Steinzeugröhren; Zürich dagegen besitzt Röhrenkanäle aus Béton. — Eisenrohre haben zwar eine grössere Bruchfestigkeit als Thonrohre, sind aber theurer, werden durch die Kanalwässer angegriffen und verlieren, trotz Asphaltirung, bald ihre glatte Oberfläche, wodurch der rasche Abfluss des Inhaltes merklich verzögert wird. Zur Dichtung der Verbindungsstellen der Rohre werden gewöhnlich getheerte Hanfstricke und Thon benutzt.

Das zur Erbauung gemauerter Kanäle verwendete Material besteht meist aus Backsteinen. Da hierbei die zahlreichen Fugen viele Unebenheiten bilden, so müssen sie mit Cement sorgfältig ausgestrichen werden. Die neuen Londoner Kanäle bestehen aus hart gebrannten Backsteinen mit Fugenverstrich aus Portlandcement; in Berlin sind dieselben Materialien in Anwendung gekommen; Frankfurt a. M., Danzig, Breslau besitzen ebenfalls Backsteinkanäle in Portlandcement. Hat man nur Bruchsteine, die eine ziemlich rauhe Oberfläche besitzen, zur Verfügung, so genügt ein Fugenverstrich nicht, sondern es muss die ganze innere Oberfläche der Kanäle mit Cement verputzt werden.

Vom hygienischen Standpunkt aus verdient am meisten Beachtung die Kanalsohle, die unter gewöhnlichen Verhältnissen allein von der Kanalflüssigkeit benetzt wird, während die höher gelegenen Theile der Seitenwände nur bei erheblicheren Regengüssen mit dem Kanalinhalte in Berührung kommen. Das Sohlstück muss also unter allen Umständen aus absolut wasserdichtem Material hergestellt werden. Zur Vermeidung der zahlreichen Fugen, welche das Backsteinwerk bietet, hat man die Sohlstücke zuweilen aus hartem Sandstein (Frankfurt a. M.), oder aus Granit (Breslau) ausgemeisselt; auch Sohlstücke aus Steingut, Béton, Klinkersteinen u. s. w. sind zur Anwen-

1) Berichte der Münchener Commission. Beil. VII. z. III. Ber. S. 3.
2) Ebenda S. 59.
3) Ebenda IV. S. 107.
4) Bürkli, a. a. O. S. 205.

dung gekommen. Vielfach empfohlen werden in neuerer Zeit die in Berlin benutzten sog. „blocks“: es sind dies Mauerkörper aus Ziegeln und Cement geformt, etwa 1 Meter lang, 1/2 Meter breit, unten flach, oben ausgerundet, welche auf den Grund gelegt werden und über denen die 1/2 Stein starke Kanalsohle in Form eines umgekehrten Gewölbes gemauert wird. Diese Construction empfiehlt sich namentlich für Kanäle, die in Grundwasser ausgeführt werden müssen; sie ist den kostspieligeren Steingutsohlstücken vorzuziehen.[1])

Der Grad der Wasserdichtigkeit der Siele ist vielfach zum Gegenstand lebhafter Debatten geworden, indem die Gegner der Schwemmkanalisation behaupteten, die gemauerten Kanäle gestatteten eine nicht unbedeutende Imprägnirung des Erdreiches mit Kloakenflüssigkeit. Der hierüber entstandene Streit zeichnet sich dadurch aus, dass die streitenden Parteien sich weniger auf Thatsachen stützten als auf aprioristische Anschauungen, die begreiflicherweise in den meisten Fällen eine sehr subjective Färbung erhielten. Ausserdem wurde die quantitative Seite der Frage, das Mehr oder Minder der Bodenverunreinigung durch das aus den Sielen nach aussen sickernde Kanalwasser, vollkommen ausser Acht gelassen. Thatsächlich liegt folgendes Material zur Entscheidung dieser Frage vor:

Die technische Commission des Altonaer Industrievereins[2]) fand den unter der Sohle eines 10 Jahre alten Sieles hervorgehobenen Sand weiss, feucht und geruchlos; derselbe enthielt nicht mehr organische Substanz als Sand, welcher oberhalb des Sieles entnommen worden war.

Im Jahre 1868 liess eine durch den Stadtmagistrat von München gewählte Commission[3]) an verschiedenen Punkten der Stadt das Erdreich unter der Sohle gemauerter Siele ausgraben, um zu untersuchen, ob nicht etwa aus den Kanälen Wasser in das umgebende Erdreich sickere und dasselbe dadurch mit organischen Substanzen verunreinigt werde. Hierbei ergab sich an allen Punkten ein sichtbares, mehr oder weniger bedeutendes Durchschwitzen oder sogar Durchsickern von Flüssigkeit durch die Kanalwand; durch das an einer Stelle abträufelnde Wasser wurde innerhalb 15 Minuten eine Flasche von 750 Ccm. Inhalt gefüllt; das durchsickernde Wasser war trübe, von schwach alkalischer Reaction, und hinterliess beim Eindampfen einen bräunlichgelben Rückstand; das den Kanal umgebende Erdreich war feucht und von eigenthümlichem Geruche; beim Trocknen des vom gröberen Gerölle abgeschlemmten feinen Schlammes entwickelte sich ein ekliger, fauliger Geruch; der Stickstoffgehalt des

1) Ueber die Construction der Sohlstücke siehe: Berichte der Münchener Commission. III. S. 37 und 45; ferner IV. S. 107. — Kaftan, a. a. O. S. 111 u. flgde. — Wiebe, a. a. O. S. 35.

2) Angeführt bei Varrentrapp a. a. O. S. 133 u. flgde.

3) Pettenkofer, Das Kanal- oder Sielsystem in München. S. 18 u. flgde., S. 73 u. flgde.

Schlammes, im Vergleich zum Stickstoffgehalte des Kieses aus nicht kanalisirten Strassen und Kiesgruben, war nach den Analysen Feichtinger's folgender:

Dachauerstrasse (kanalisirt) . .	6.92	Grm.	auf	1	Cub.-Fuss	
Schellingstrasse „ . .	5.01	„	„	1	„	„
Mittererstrasse „ . .	13.35	„	„	1	„	„
Adalbertstrasse (nicht kanalisirt) .	0.63	„	„	1	„	„
Kiesgrube I	1.787	„	„	1	„	„
„ II	0.897	„	„	1	„	„
„ III	0.257	„	„	1	„	„

Sechs Jahre später wurden durch eine neue Commission abermals Ausgrabungen des Bodens unter den Münchener Sielen vorgenommen, und zwar theilweise an den früher schon untersuchten Stellen. Der Befund war wesentlich verschieden von dem im Jahre 1868 gewonnenen[1]): weder an den alten noch an den neueren Kanälen war ein Durchschwitzen ihres Inhaltes bemerkbar, — die Sielmauer war trocken oder feucht, je nach dem Feuchtigkeitsgrade des sie umgebenden Erdreiches und der Entfernung vom Niveau des Grundwassers. Nirgends an der Sielmauer fand man eine klebrige Ausschwitzung oder Auflagerung; mit einer einzigen Ausnahme war der dem Siele anliegende Boden geruchlos.

Der schon durch die Besichtigung der Ausgrabungsstellen gewonnene Eindruck, dass dem früheren Verhalten der Siele gegenüber eine entschiedene Besserung vorliege, wurde durch die chemische Analyse bestätigt; die folgenden Zahlen geben den Befund in 1 Cub.-Meter Erde in Kilogr. an:

	In kaltem Wasser lösl. org. Substanzen	In kaltem Wasser unlösl. org. Substanzen	Stickstoff im unlöslichen Schlamme
Siele { 1868	0.088	6.188	0.341
Siele { 1874	0.077	3.476	0.090
Adalbertstrasse	0.013	0.554	0.025
Physiologisches Institut . .	0.052	1.504	0.014

Offenbar haben sich die Poren der als Filter wirkenden Kanalwände im Laufe der sechs Jahre bedeutend verstopft, was ja mit den Vorgängen in Filtern überhaupt in keinem Widerspruche steht.[2]) Nicht ohne Interesse ist auch der Vergleich der Durchlässigkeit von Kanälen, welche verschiedenen Bauperioden angehören. Wolffhügel verglich die vor 1867

1) Wolffhügel, Ueber die Verunreinigung des Bodens durch Strassenkanäle u. s. w. Zeitschr. f. Biol. XI. 1875.

2) Es wäre möglich, dass, ausser der Verstopfung der Poren der filtrirenden Substanz durch suspendirte Partikelchen des Kanalinhaltes, die geringere Durchlässigkeit der Wandungen alter Kanäle, theilweise auch durch die sog. „Sielhaut" bedingt wird, — einen schwarzgrauen, geruchlosen, oft mehrere Linien dicken Belag, welcher der inneren Oberfläche alter Kanäle anhaftet und nach den Untersuchungen von Prof. De Bary aus Algen und Pilzen besteht.

angelegten Siele mit den nach diesem Jahre gebauten, da die Sohle der ersteren aus einfachen Backsteinen, diejenige der letzteren dagegen aus hartem Klinker gemacht ist; die folgenden Zahlen bedeuten wiederum Kilogr. in 1 Cub.-Meter.

	In kaltem Wasser löslich				In kaltem Wasser unlösl.	
	Gesammtmenge	Organische Substanzen	Chlor	Salpetersäure	Glühverlust	Stickstoff
Vor 1867	0.227	0.096	0.028	0.029	3.406	0.073
Seit 1867	0.209	0.090	0.015	0.010	3.316	0.040

Wolffhügel glaubt sich berechtigt auf Grund dieser Analysen zu schliessen, dass die jüngeren Kanäle für ihr Alter eine grössere Dichtigkeit zeigen als die im Jahre 1868 untersuchten Siele, und es ist ihm nicht unwahrscheinlich, dass die Anwendung des impermeablen Klinkers zum Sielsohlenbau an dieser Besserung der Verhältnisse einen wesentlichen Antheil habe.

Zur Beurtheilung der Bodenverunreinigung durch Siele vom quantitativen Standpunkte aus, ist der Vergleich derselben mit der durch gut gemauerte Abtrittgruben verursachten Imprägnation des Bodens von grossem Interesse. Die in dieser Richtung von Wolffhügel untersuchten Bodenproben gaben folgende Resultate:

	In kaltem Wasser löslich				In kalt. Wasser unlösl.	
	Gesammtmenge	Org. Substanzen	Chlor	Salpetersäure	Glühverlust	Stickstoff
Mittel von 9 Sielen	0.217	0.093	0.021	0.018	3.356	0.055
Mittel von 6 Abtrittgruben .	0.603	1.257	0.110	0.019	5.461	0.060
Boden beim physiol. Institut .	0.211	0.118	0.010	0.012	1.504	0.014

Den Abtrittgruben gegenüber bewirken also die hier in Frage kommenden Siele eine relativ geringfügige Bodenverunreinigung, wenn auch von einer absoluten Wasserdichtigkeit dieser Siele keine Rede ist.[1])

Ein gewisser Grad von Durchlässigkeit der Sielwandungen geht

1) Die absolute Grösse der Bodenverunreinigung bei Sielanlagen wird noch dadurch vermindert, dass die Filterfläche, welche die Siele darbieten, kleiner ist als die von den Wandungen der Abtrittgruben gebildete. Für München berechnet sich dieses Verhältniss nach Wolffhügel auf 2.59 : 3.34. Dazu kommt noch, dass die wirklich vom Kloakeninhalte berührte Oberfläche bei Sielen nur einen geringen Theil der inneren Sielwandung ausmacht und zwar den am allerwenigsten durchlässigen — die Sielsohle.

auch daraus hervor, dass man an Sielen, die theilweise unter dem Niveau des Grundwassers liegen, thatsächlich das Eindringen des Wassers ins Innere der Siele constatirt hat (Danzig, Breslau[1]); dagegen ist das vielfach beobachtete und als regelmässige Erscheinung betrachtete Sinken des Grundwasserniveaus nach Ausführung der Kanalisation offenbar nur zum geringsten Theile dem Durchsickern des Wassers durch die Sielwandungen zuzuschreiben, sondern muss eher dadurch erklärt werden, dass sich das Grundwasser in der relativ lockeren Auffüllung der Baugrube äusserlich längs der Siele hinzieht. Uebrigens ist das Eindringen von Grundwasser in gemauerte Kanäle, die vom letzteren umspült sind, noch kein Beweis für ein entsprechendes Austreten von Kanalflüssigkeit: die physikalischen Bedingungen (Ausdehnung der vom Kanalwasser einerseits und vom Grundwasser andererseits bespülten Filterfläche, der hydrostatische Druck des Grundwassers, die Erschwerung der Diffusion des Kanalwassers durch die Wandung, in Folge der bedeutenden Strömungsgeschwindigkeit des Sielinhaltes) sind nämlich dem Durchschwitzen von Grundwasser ins Innere der Kanäle weit günstiger als einer entgegengesetzten Bewegung des Kanalwassers.

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass seit Herstellung derjenigen Kanäle, auf welche sich die oben angeführten Untersuchungen beziehen, die Technik des Sielbaus nicht unwesentliche Fortschritte gemacht hat, so dass gegenwärtig von namhaften Technikern behauptet wird, es sei vollkommen möglich, gemauerte Kanäle wasserdicht herzustellen. In der That scheint sich dieser Ausspruch an dem Berliner Kanalnetz zu bewahrheiten: obgleich dasselbe sich durchgehends unter Grundwasserniveau befindet, so wird doch in den kanalisirten Stadttheilen eine Senkung des letzteren in Abrede gestellt und das Sielnetz als absolut undurchlässig bezeichnet. Die Münchener Commission fand in einem neuen Kanal des dem Betriebe noch nicht übergebenen Radialsystems IV die Sohle fast vollständig trocken.[2])

Aus dem Angeführten darf der Schluss gezogen werden, dass die aus früheren Zeiten herstammenden Siele weniger wasserdicht waren als die in neuester Zeit angelegten, und dass, wenn auch gegenwärtig eine absolute Wasserdichtigkeit des Sielnetzes in seiner ganzen Ausdehnung kaum zu erwarten ist, doch die Menge des durchschwitzenden Kanalwassers eine äusserst geringe und vom sanitären Standpunkte aus durchaus keine Bedenken erregende ist.

---

1) Siehe hierüber die Ber. d. Münch. Commiss. Beil. VII z. III. Ber. S. 53 u. 60.
2) Ebenda II. Ber. S. 179.

Die von einzelnen Seiten (z. B. im Münchener Architecten- und Ingenieurvereine) ausgesprochene Befürchtung, es möchten durch Terrainverschiebungen Risse in den Kanälen vorkommen, hat sich, so viel bekannt, bis jetzt als durchaus unbegründet erwiesen. Auch der Anschluss der Seitenleitungen aus den Anwesen, der gewöhnlich als wunder Fleck eines Sielsystems bezeichnet wird, kann, wie das Beispiel von Frankfurt a. M. zeigt, vollkommen dicht hergestellt werden und gibt zu keinen Befürchtungen in Bezug auf Austritt der Jauche ins umliegende Erdreich Veranlassung.

c. Tieflage der Siele; Drainage des Baugrundes.

Die Tiefe, bis zu welcher die Sielsohle in die Erde verlegt werden muss, hängt theilweise von der Nothwendigkeit ab, den Sielen ein gewisses Gefälle zu geben, theilweise wird sie durch das Verlangen nach möglichst vollkommener Drainirung des Städtegrundes bedingt. Bürkli und Varrentrapp haben den Grundsatz aufgestellt, es müssten die Strassensiele so tief liegen, dass das Schmutzwasser aus allen Kellergeschossen in sie abgeleitet werden könne; in der That ist Frankfurt a. M. bei seiner Kanalisationsanlage diesem Grundsatze gefolgt, und die Tiefe der Kanäle unter der Strassenoberfläche variirt daselbst zwischen 3—10 Meter. Wenn man nun auch vielleicht mit dem Verlangen, dass alle Keller ohne Ausnahme die Möglichkeit bekommen sollten in die Strassensiele zu entwässern, etwas zu weit geht, da es sich nicht lohnt einiger besonders tief gelegener Keller wegen die Kosten der Sielanlage durch aussergewöhnliche Tieflegung der Siele unverhältnissmässig zu vergrössern, so ist es doch im Allgemeinen als wünschenswerth zu betrachten, dass die Grundmauern der Häuser dem Bereiche der Schwankungen des Grundwassers entzogen werden. Namentlich muss aber die Nothwendigkeit einer Regulirung der Durchfeuchtungsverhältnisse der oberen Bodenschichten betont werden, denn ungehinderter und möglichst rascher Abfluss der in den Boden eindringenden atmosphärischen Niederschläge, Beseitigung jeder Stagnation von Flüssigkeit im Bereiche der Grundmauern der Häuser und des unmittelbaren Untergrundes der Strassen, sind ja wesentliche Forderungen, welche die Hygiene an das Sielnetz stellt. Es handelt sich also um eine wirkliche Drainage des Städtegrundes, aber in bestimmten, mässigen Grenzen: es ist nicht möglich das Grundwasser zu beseitigen; es kann sogar, wie das Beispiel von Berlin zeigt, der mittlere Grundwasserstand nach wie vor der Kanalisation derselbe bleiben oder sich wenig ändern, und doch können die Drainageverhältnisse der über dem Grundwasser gelegenen Bodenschichten wesentlich günstigere

werden. In Städten, in denen das Grundwasser im Allgemeinen hoch steht, kommt naturgemäss der grösste Theil der Strassensiele in eine vom Grundwasser durchtränkte Erdschicht zu liegen: in Berlin, wo vielerorts das Grundwasser bis auf 1 Meter unter die Strassenoberfläche herantritt[1]), liegen die Siele in einer Tiefe von 1.5 bis 6.5 Meter unter Terrain und befinden sich grossentheils unter Grundwasserniveau.[2]) In Danzig bewegt sich die Tiefe der Siele unter Terrain zwischen 2.2 und 6.3 Meter.

Man hat bei Kanalbauten in England die ausreichende Drainage des Städtegrundes auf verschiedene Weise zu erreichen gesucht. In mehreren Städten haben diese Bestrebungen zu einem eigentlichen Doppelsysteme geführt, indem neben den zur Ableitung der Fäcalien und Schmutzwasser bestimmten Sielen noch ein Netz von tiefliegenden grösseren Drainröhren hergestellt wurde, um das Grundwasser abzuführen.[3]) Eine grössere Ausdehnung hat jedoch dieses System, der damit verbundenen Kosten und technischen Schwierigkeiten halber, nicht gefunden. Vielfach wurden, um die drainirende Wirkung der Siele zu vergrössern, hohle Sohlstücke angewendet[4]), so dass unterhalb des eigentlichen Sieles eine zweite Leitung entstand, welche durch seitliche Oeffnungen das Grundwasser aufnehmen sollte. Statt dieser hohlen Sohlstücke hat man auch in der Baugrube selbst, unmittelbar unter der Sohle der Kanäle, besondere Rohrleitungen angebracht und dieselben, behufs sicherer Fundirung des darüber liegenden Kanals, mit Béton umgeben (London). Gordon[5]) bemerkt aber hierzu mit Recht, dass durch eine solche Umhüllung der Drainröhren mit Béton die Entwässerungsfähigkeit derselben bedeutend beeinträchtigt werden müsste; im Interesse der Drainage läge es, diese Röhren mit einem möglichst porösen Material zu umgeben, wodurch aber die Sicherheit der Fundirung des darüberliegenden Kanals in bedenklicher Weise leiden könnte. Er empfiehlt desshalb ein solches Verfahren nur dann, wenn übermässiger Wasserzudrang die Anwendung desselben absolut erfordere. Man könnte auch nach dem Vorschlage der Berliner Deputation besondere Drains aus porösem, also unglasirtem Thon anlegen, welche, unter den zu drainirenden Grundstücken beginnend, in das eigentliche Sielsystem einmünden[6]); doch müssten hierbei Vorkehrungen getroffen werden, um eine, bei starker Füllung der Siele denkbare, rückwärts gerichtete Bewegung des Kanalwassers zu verhüten. — Vielfach wurde empfohlen, den Zwischenraum zwischen den Wänden der Baugrube und dem Siele mit feinerem und gröberem Kies auszufüllen, sowie auch das Sielgewölbe mit einer 1—2 Fuss hohen Kieslage zu bedecken, um auf diese Weise die Kanäle mit einer für das Wasser leicht durchgängigen,

---

1) Virchow, Generalbericht. S. 29.
2) Münchener Berichte, Beil. VII zu Ber. III. S. 39.
3) Avigdor, Das Wohlsein der Menschen in Grossstädten. S. 144.
4) Varrentrapp, a. a. O. S. 128.
5) Münchener Berichte, Beil. VII z. Ber. III. S. 47.
6) Virchow, Generalbericht. S. 37.

gut drainirenden Erdschicht zu umgeben. Zur Verstärkung der Wirkung können auch an einzelnen Stellen besondere Drainröhren neben oder über die Kanäle gelegt werden. Diese Methode der Herstellung eines unterirdischen Sickernetzes scheint, als die billigste und zweckmässigste, vor allen anderen auf allgemeine Anwendung rechnen zu können.[1])

Es ist vom technischen Standpunkte aus ein Einwurf gegen die Zweckmässigkeit der allgemeinen Einführung tiefliegender Strassensiele gemacht worden, der hier nicht unerwähnt bleiben darf. Man hat nämlich in solchen Stadttheilen Hamburgs, deren Häuser auf Pfahlrosten ruhen, nach dem Bau der Siele Beschädigungen an den Fundamenten der Häuser bemerkt, welche dem durch die Drainage des Untergrundes hervorgerufenen Sinken des Grundwassers und Anfaulen der Pfähle zugeschrieben wurden. Man begreift, dass für Städte oder Stadtheile, die in dieser Weise fundamentirt sind, die drohende Gefahr des Einsturzes der Häuser die Zweckmässigkeit des Baues tiefliegender Strassenkanäle und Drainröhren wohl in Frage stellen könnte. In der That kam dieser Punkt zur Sprache, als es sich um die Kanalisation Danzigs handelte, und beinahe wäre das ganze Project an ihm gescheitert. Die in Hamburg eingezogenen Erkundigungen lauteten aber beruhigend, indem sich ergab, dass die dort bemerkten Schäden unter Mitwirkung noch anderer Umstände, ausser dem Sielbau, eingetreten waren. Jedenfalls aber ist in Städten, deren Häuser theilweise auf Pfählen fundamentirt sind, eine genaue Untersuchung über die Tieflage der Fundamente anzustellen, bevor man die Tiefe, welche den Sielen und Drainröhren gegeben werden soll, bestimmt.

d. Das Querprofil der Siele; Gefälle; Stromgeschwindigkeit; Nothauslässe; Spülung.

Damit der Sielinhalt möglichst rasch aus dem Bereiche der Stadt entfernt werde, sind beim Bau der Kanäle von technischer Seite mehrere Bedingungen zu erfüllen, deren Besprechung hier nicht umgangen werden kann.

Da die Strassensiele bei der Schwemmkanalisation so gebaut sein müssen, dass sie alles von der Strasse, den Dächern und Höfen abfliessende Regenwasser aufnehmen können[2]), so ist bei der Bestim-

1) Siehe hierüber das Werk von Baumeister, Stadterweiterungen in technischer, baupolizeilicher und wirthschaftlicher Beziehung. 1876. S. 206 u. flgde.

2) Nur in Ausnahmsfällen, die durch besondere Terrainverhältnisse bedingt sein können, wird man es vorziehen das Regenwasser von den Sielen auszu-

mung des Querprofils eines Sieles nicht die Menge von Abwasser und Excrementen maassgebend, die unter gewöhnlichen Verhältnissen in der Zeiteinheit durch dasselbe abfliessen soll, sondern die grössten Regenmengen, die am gegebenen Orte in verhältnissmässig kurzer Zeit fallen können. Hierbei ist übrigens zu berücksichtigen, dass nicht alles auf die Oberfläche des Stadtgrundes fallende Regenwasser in die Siele gelangt.

Ein Theil desselben verdunstet unmittelbar an der Oberfläche, ein anderer Theil versickert in den Boden und nur ein je nach Umständen wechselnder Bruchtheil fliesst unmittelbar den Strassenkanälen zu. Die Grösse dieses Bruchtheiles hängt ab von der Stärke des Regens, der Beschaffenheit der Bodenoberfläche, der natürlichen Steigung des Bodens u. s. w.: von gepflasterten oder überhaupt für Wasser undurchgängigen Stellen fliesst das Wasser rascher und in grösserer Menge ab als von Gärten, Feldern, ungepflasterten Strassen und Höfen; bei schwachem, aber anhaltendem Regen verdunstet und versickert mehr Wasser als bei starkem Platzregen.

Versuche, die in dieser Richtung in England gemacht wurden, haben gezeigt, dass bei schwachem Regen und der Versickerung günstigen Bodenverhältnissen die Menge des in die Kanäle abfliessenden Regenwassers gleich Null sein kann, während sie bei heftigem Regen und ungünstigen Bodenverhältnissen bis auf 70% der gefallenen Regenmenge steigt.[1] Im Allgemeinen nimmt man gegenwärtig bei Berechnung der Kanalweiten an, dass 1/3 der gefallenen Regenmenge sofort abgeführt werden müsse.

Die grössten Niederschläge kommen bekanntlich in den Sommermonaten vor und liefern oft in kurzer Zeit eine sehr bedeutende Regenmenge: Es kommen Regenhöhen von 20—30 Mm. und mehr in einer Stunde vor; doch geschieht dies nur ausnahmsweise. Nach Kaftan[2]) erreichte die Niederschlagsmenge in Prag während 11 Jahren nur 2 mal eine Höhe, die 20 Mm. in der Stunde überstieg; Vogt[3]) notirt für Bern nur 3 mal im Laufe von 7 Jahren eine Regenhöhe von über 20 Mm. per Stunde, so dass auch bei heftigen Regengüssen die stündliche Niederschlagsmenge selten 10 Mm. übersteigt. Dennoch würde man gewaltige Dimensionen für die Siele bekommen, wenn man bei der Berechnung ihres Querprofils voraussetzen wollte,

---

schliessen, wie dies von Wiebe für die tieferliegenden Stadttheile Königsbergs projectirt ist (Wiebe, Genereller Entwurf eines Kanalisationssystems ... der kgl. Haupt- und Residenzstadt Königsberg. S. 9. 1880).

1) Bürkli, a. a. O. S. 194.

2) Kaftan, a. a. O. S. 100.

3) Vogt, a. a. O. S. 10.

dass sie alles ihnen bei ausnahmsweise starken Regengüssen zuströmende Wasser aus dem Bereiche der Stadt abführen müssen. Da nun aber einerseits mit der Kanalweite die Kosten der Anlage wachsen, andererseits das Beispiel von Paris, mit seinen grossartig angelegten Strassensielen[1]), hinlänglich dargethan hat, dass eine unverhältnissmässige Breite der Sielsohle dem raschen Abfluss des Inhaltes ungünstig ist und fortwährend zu Ablagerungen Veranlassung gibt, lag es nahe ein Mittel zu suchen, wodurch man im Nothfalle die Strassensiele möglichst rasch von einem Theile des Wassers, das sie bei ausnahmsweise heftigem Platzregen aufnehmen müssen, wieder entlasten könnte. Dieses Mittel haben die praktischen Engländer in den sog. „Noth- oder Sturmauslässen" gefunden.

In England berechnet man nämlich das Profil der Strassensiele nur auf eine stündliche Regenmenge von 0.36 Mm., von denen etwas mehr als die Hälfte (0.21 Mm.) in derselben Zeit den Kanälen zuströmen soll. Damit aber bei aussergewöhnlich heftigen Regengüssen, welche mehr als die angenommene Regenhöhe liefern, weder die Kanäle Schaden leiden, noch die Strassen mit Kanalinhalt überschwemmt werden, brachte man an den Sielen in bestimmten Distanzen Seitenkanäle an, die durch eine einfache, unvollständige Scheidewand vom Strassensiel getrennt sind; wenn das Wasser im letzteren eine gewisse Höhe erreicht hat, so strömt es über den oberen Rand der Scheidewand in den Nothauslass und wird durch den letzteren dem nächsten Wasserlaufe zugeführt.

Mit Hilfe dieser Nothauslässe ist es also möglich geworden die Dimensionen der Kanäle sehr bedeutend zu reduciren, ohne sie zu prompter Erfüllung der ihnen zugemessenen Aufgabe ungeeignet zu machen.

Beispielsweise sind die Kanalweiten für das Radialsystem III in Berlin unter Zugrundelegung folgender Zahlen ermittelt worden: man nahm eine Bevölkerungsdichte von 800 Köpfen pro Hektare (gegenwärtig 300 Köpfe pro Hektare) und einen täglichen Wasserconsum von 127 Liter pro Kopf an, wodurch man eine Abwassermenge von 1.15 Liter pro Secunde und Hektare erhält; als Maximal-Regenhöhe sind ferner 23 Mm. pro Stunde gedacht, und ist angenommen, dass hiervon nur $^1/_3$ gleichzeitig abgeführt werden müsse, woraus sich ein factischer Abfluss von 21.19 Liter Regenwasser pro Secunde und Hektare ergibt. Es würden demnach zusammen $1.15 + 21.19 = 22.34$ Liter pro Hektare und Secunde abzuführen sein, wovon indessen nur ca. der achte Theil oder rund 3 Liter pro Secunde

1) Die Sammelkanäle in Paris besitzen eine Höhe bis zu 4.4 Meter und eine Breite bis zu 5.6 Meter (Fonssagrives, a. a. O. S. 227); sie sind so gross, dass sie mit auf Schienen laufenden Transportwagen und mit kleinen Schiffen befahren werden können. Auch die zu den Abtrittgruben und Tonnen führenden Seitenkanäle sind von solchen Dimensionen, dass Menschen in vollkommen aufrechter Stellung darin gehen können (Details siehe bei Bürkli, a. a. O. S. 7 u. flgde.).

und Hektare in die Sammelkanäle gelangen, während der Rest durch Nothauslässe an die öffentlichen Wasserläufe überwiesen wird.[1] — Gordon hat in seinem Projecte für die Entwässerung von München angenommen, dass 3.47 Liter pro Secunde und Hektare wirklich von den Sielen abgeführt werden müssen, was einer Regenhöhe von 1¼ Mm. in der Stunde entspricht. — In Frankfurt wurden pro Stunde 1 Mm., in Hamburg ⅔ Mm. plus der verhältnissmässig geringen Brauchwassermenge zur Grundlage für die Grössenberechnung der Siele angenommen. Die genannten Regenmengen können abgeführt werden ohne dass die Sturmauslässe in Thätigkeit gesetzt werden; erst bei grösseren Niederschlägen functioniren die Sturmauslässe.[2] So viel bekannt sind in keiner der genannten Städte Uebelstände zu Tage getreten, welche auf zu geringe Dimensionen der Strassensiele hingewiesen hätten. — Es versteht sich übrigens von selbst, dass man bei der Berechnung der Kanalweite nicht allzu schablonenartig vor sich gehen darf, sondern an jedem einzelnen Orte sich über die verschiedenen Umstände Rechenschaft zu geben hat, welche von bestimmendem Einfluss auf die Grösse der Kanäle sind. Unstreitig ist jedenfalls, dass erst in Folge der Durchführung des Systems der engeren Kanäle die Herstellung von Schwemmsielen auch für Ortschaften mit geringeren Geldmitteln möglich geworden ist.

Was die Form des Querprofiles der Siele anbetrifft, so ist für Sammelkanäle und grössere Strassenkanäle, die bei volkreichen Städten wohl immer begehbar gemacht werden müssen, entweder die Form eines Kreises oder diejenige eines mit der Spitze nach unten gekehrten Eies anwendbar. Im Allgemeinen wird gegenwärtig die Eiform vorgezogen: sie gewährt bei möglichst grosser Höhe des Sieles eine angemessene Zusammendrängung des Inhaltes in der Kanalsohle, wodurch die Macht der Strömung wesentlich verstärkt und die Ablagerung fester Stoffe an der Sohle und den Wänden der Siele verhindert wird. Kanäle mit flachen Sohlen, wie sie früher in Paris ausgeführt wurden, sind gegenwärtig vollständig aufgegeben. Bei eiförmigen Profilen ist es zweckmässig ein Verhältniss der Höhe zur Breite wie 3:2 anzunehmen und der durch die Sohle gebildeten Krümmung einen Radius von ¼ der Sielhöhe zu geben. Für kleinere Kanäle, welche nicht mehr gangbar sein sollen, ist die Kreisform des Profils die einfachste und in allen Beziehungen zweckmässigste, da die Herstellung der Eiform bei solchen Kanälen Schwierigkeiten bietet, welche dieselbe, trotz des Vorzuges der Concentrirung der Wasserströmung, weniger empfehlenswerth erscheinen lassen als die Kreisform. Als die geringste zulässige Weite für Strassenröhren wird gegenwärtig ein Durchmesser von 23 Cm. im Lichten angenommen.

---

1) Bericht der Münchener Commission. Beil. VII z. III. Ber. S. 39.

2) Gordon, Erläuterungsbericht zu dem Dispositionsplan u. s. w.

Die Londoner Sammelkanäle sind kreisförmig; die grössten derselben besitzen einen Durchmesser von 3.5 Meter; Siele von 1.8 — 1.3 Meter Höhe sind eiförmig; Kanäle geringerer Dimensionen sind dagegen wieder röhrenförmig. Auch in Zürich sind die grösseren Sammelkanäle von kreisförmigem Profil, die kleineren und die gewöhnlichen Strassenkanäle haben Eiform (1.2 Meter Höhe und 0.75 Meter Breite); die kleineren Strassenleitungen sind röhrenförmig mit 0.45 — 0.3 Meter Durchmesser. — Die Frankfurter Kanäle, soweit sie gemauert sind, haben alle einen eiförmigen Querschnitt; ebenso die Danziger Siele. — Die Strassenkanäle des Radialsystemes III in Berlin haben einen eiförmigen Querschnitt mit einer Höhe von 1.2 — 1.7 Meter in 6 verschiedenen Abstufungen; von den Röhrenleitungen hat die grösste einen Durchmesser von 0.63 Meter, die kleinste von 0.21 Meter.

Die richtige Functionirung eines Kanalsystems hängt wesentlich von der Geschwindigkeit ab, mit welcher sich das Sielwasser in seinen Leitungen bewegt. Diese Geschwindigkeit muss so gross sein, dass alle mehr oder weniger festen Stoffe, welche mit dem Wasser regelmässig oder zufälligerweise in die Kanäle gelangen, weiter gespült werden, ohne sich irgendwo ablagern zu können. Bei Versuchen, die in London gemacht wurden, als man den Bau der grossen Sammelkanäle projectirte, ergab sich, dass bei einer Geschwindigkeit von 0.6—0.75 Meter in der Secunde alle jene Gegenstände in Bewegung kommen, welche ihrer Natur und Grösse nach in die Siele gerathen können.[1])

Gestützt hierauf hat man für die Londoner Collectoren eine Geschwindigkeit der Strömung von 0.67 Meter in der Secunde als nothwendig vorausgesetzt. Für kleinere Strassenkanäle und Hausleitungen ist eine etwas grössere Ausflussgeschwindigkeit wünschenswerth, weil die Strömung in denselben nicht so regelmässig ist, wie in den grösseren Sielen und zuweilen auf kurze Zeit sogar unterbrochen sein kann. Wicksteed beobachtete, dass in den Kanälen von Leicester eine Abflussgeschwindigkeit von 0.41 Meter die Ablagerung kleiner Ziegel- oder Steinbrocken verhindert und dass bei einer Geschwindigkeit von 0.55 Meter selbst kleine Eisenschlacken weggeschwemmt werden. Latham meint, es solle die Strömungsgeschwindigkeit in einem Siele in keinem Falle kleiner sein als 0.5 Meter; Parkes[2]) gibt als Minimum der Geschwindigkeit 0.5 Meter an, empfiehlt aber lieber 0.75 Meter anzunehmen. Nach Bürkli kann man als Regel aufstellen, dass die Geschwindigkeit nicht unter folgende Ansätze falle:

für grosse Siele von über	1	Met. Durchm.	0.67—0.75	Met. in d. Sec.
„ mittlere „ „ „	0,5—1	„ „	1	„ „ „ „
„ kleine „ „ „	0,15—0,5	„ „	1.15	„ „ „ „

Nehmen wir eine mittlere Geschwindigkeit auch nur von 0.75 Met. in der Sec. an, so ergibt sich doch, dass im Laufe einer Stunde der

1) Latham, Sanitary Engineering. S. 81. Angef. bei Kaftan a. a. O. S. 84.
2) A Manual of Practical Hygiene. 4. Aufl. p. 347.

Sielinhalt sich um mehr als 2.5 Kilometer vorwärts bewegt, so dass auch bei sehr grossen Städten die im Centrum derselben den Sielen übergebenen Unrathsmassen schon nach Verlauf von etwa 2 Stunden aus dem Bereiche des städtischen Weichbildes entfernt sind.[1])

Die Strömungsgeschwindigkeit berechnet sich aus dem Gefälle, dem Querschnitt der Kanäle und dem vom Inhalte benetzten Umfang oder überhaupt dem Grade der Füllung des Querschnittes mit Wasser; die zahlreichen, hierfür aufgestellten Formeln beruhen auf der Erfahrung, dass das Sielwasser in seiner Bewegung durch Röhren und Kanäle denselben hydraulischen Gesetzen folgt, welche für die Bewegung des Flusswassers ermittelt wurden.[2]) Ist der Durchmesser der Kanäle oder ihrer kreisförmig gebogenen Sohle bekannt und der Minimalwerth der herzustellenden Strömungsgeschwindigkeit gegeben, so lässt sich aus denselben Formeln das Gefälle berechnen, welches bei Sielen verschiedener Grösse als Minimum verlangt werden muss.

Nach Bürkli[3]) erhält man für grössere Kanäle bei einer Sohle, deren Rundung einem Kreisdurchmesser von 1 Meter entspricht, bei einer Wassertiefe von wenigstens 0.5 Meter und bei einer kleinsten Geschwindigkeit von 0.7 Meter in der Secunde ein kleinstes Gefälle von 75 Cm. auf 1 Kilometer Kanallänge, d. h. 0,75 pro mille oder 1 : 1333. — Für mittlere Siele, von 0.5 — 1 Meter Durchmesser, erhält man bei halber Füllung und einer Minimalgeschwindigkeit von 1 Meter als kleinstes zulässiges Gefälle 2.4 Meter auf 1 Kilometer Sielstrecke, d. h. 2.4 pro mille oder 1 : 417. Ist in solchen Kanälen fortwährend genug Wasser vorhan-

1) Dubuat (angef. bei Kaftan a. a. O. S. 83) gibt die nothwendige Geschwindigkeit zur Wegschaffung verschiedener Substanzen nachfolgend an:

Halbflüssiger Flussschlamm erfordert . . .	0.076 M. in der Sec.
Anisgrosser Kiessand „ . . .	0.108 „ „ „ „
Erbsengrosser Kiessand „ . . .	0.189 „ „ „ „
Gewöhnlicher Flusssand „ . . .	0.305 „ „ „ „
Bohnengrosser Kiessand „ . . .	0.325 „ „ „ „
Grobes Geschiebe „ . . .	0.609 „ „ „ „
Eckiges Geschiebe, hühnereigross, erfordert .	0.985 „ „ „ „

Nach den Beobachtungen von Bazalgette an den Londoner Kanälen beträgt die nothwendige Geschwindigkeit zur Fortschaffung von:

Feinem Thon	0.076 M. in der Sec.
Sand	0.152 „ „ „ „
Gröberem Sand	0.203 „ „ „ „
Feinem Kies	0.305 „ „ „ „
Runden Kieselsteinen, 27 Mm. gross	0.609 „ „ „ „
Eigrossem Schotter	0.914 „ „ „ „

2) Siehe solche Formeln bei Bürkli, a. a. O. S. 189 und Kaftan, a. a. O. S. 85 u. flgde.

3) Bürkli, a. a. O. S. 190.

den, so genügt eine Geschwindigkeit von 0.75 Meter und es ergibt sich dann als kleinstes, zulässiges Gefälle 1.7 Meter pro Kilometer, d. h. 1.7 pro mille oder 1 : 588. — Für Röhren von 0.3 Meter Durchmesser ist bei ganzer oder halber Füllung und 1.15 Meter Minimalgeschwindigkeit ein Gefälle von 5 pro mille oder 1 : 200 noch genügend; für Röhren von 0.15 Meter und etwas darüber ergibt sich aber ein kleinstes zulässiges Gefälle von 10 pro mille = 1 : 100. — Diese Berechnungen sind auf die Annahme halber Füllung der Siele gegründet.[1]) Bei geringerer Füllung wird die Geschwindigkeit kleiner sein und es können dann Ablagerungen fester Stoffe entstehen, die erst bei der nächsten starken Strömung mit fortgerissen werden. Für die Hausleitungen wird ein Gefälle von 1 : 100 nicht selten als genügend anerkannt; doch wird zuweilen für solche Röhren ein Gefälle von 1 : 50 verlangt, wobei man jedenfalls sicherer ist, dass alle festen Stoffe mit fortgespült werden.[2])

Häufig kann das theoretisch geforderte Gefäll der Siele nicht bis zum Ausflusse durchgeführt werden. In solchen Fällen kommen dann Dampfmaschinen zur Hebung des Kloakeninhaltes in Anwendung, worüber später die Rede sein wird. Natürlich ist man hierbei genöthigt, schon aus finanziellen Gründen, das Gefäll möglichst zu beschränken, denn je höher schliesslich der Sielinhalt künstlich gehoben werden muss, desto höher belaufen sich die Kosten der Anlage und des Betriebes. Uebrigens haben sich in neuerer Zeit auch aus einem anderen Grunde viele Stimmen gegen das Bestreben erhoben, den Sielen möglichst starke Gefälle zu geben. Man fürchtet nämlich, es möchten hierbei kleinere Strassenröhren leicht trocken laufen, wobei dann natürlich auch zu Ablagerung von Sink- und Schwimmstoffen Veranlassung gegeben wäre. Diese Befürchtung ist namentlich da, wo das Gefäll bei ungenügendem und unregelmässigem Wasserzufluss bedeutend ist, gewiss nicht ungerechtfertigt, und man muss sich deshalb ebenso sehr hüten, den kleineren Strassensielen ein zu starkes, als ein zu schwaches Gefäll zu geben.

Das kleinste Gefäll der Strassenröhren in Danzig beträgt 1 : 100 und schwankt, je nach der Grösse der Röhren, von 1 : 100 bis 1 : 600; die Hauptsammelkanäle haben ein Gefälle von 1 : 1500 und 1 : 2400.[3]) Trotz dieses geringen Gefälles wurden sanitäre Nachtheile bis jetzt nicht beobachtet. — Der Hauptauslasskanal und die Hauptkanäle des Thalsystems in Frankfurt a. M. haben ein Gefälle von 1 : 2000; die Gefälle im Bergsystem variiren von 1 : 1000 bis 1 : 50.[4]) — In Breslau haben die Hauptkanäle ein Minimalgefälle von 1 : 1800, die gemauerten Seitenkanäle ein solches von 1 : 500, die Thonröhren von 1 : 300.[5]) — Das Gefäll der

1) Die Berechnung ergibt nämlich, dass die Strömungsgeschwindigkeit in einer Röhre bei halber und ganzer Füllung am grössten ist, und zwar ist sie in beiden Fällen gleich gross.

2) Wicksteed und Latham haben Tabellen über das gegenseitige Verhältniss des Sieldurchmessers, der Strömungsgeschwindigkeit und des nöthigen Gefälles angegeben, die man bei Parkes (a. a. O. S. 348) nachsehen kann.

3) Wasserleitung, Kanalisation und Rieselfelder zu Danzig. 1874.

4) Münchener Berichte. Beil. VII z. III. Ber. S. 3.

5) Ebenda S. 59.

untersten Strecken der Londoner Sammelkanäle beträgt 1 : 3521 bis 1 : 2632 [1]); dasselbe des Hauptkanals der Stadt Düsseldorf 1 : 3000.[2]) Uebrigens muss bemerkt werden, dass auch unter den Kanalisationstechnikern noch Meinungsverschiedenheiten in Bezug auf die Grösse der nothwendigen Gefälle existiren: so z. B. hat Gordon in seinem Projecte für die Kanalisation Münchens als das geringste zulässige Gefälle für Rohrkanäle 1 : 200 bezeichnet, während Bürkli und Wiebe noch ein solches von 1 : 500 zulassen.

Bei der Kreuzung eines Sieles mit einem grösseren Wasserlaufe muss die Sohle des ersteren tiefer gelegt werden, als das allgemeine Gefäll gestattet. Unter solchen Umständen wendet man die sog. „Dücker" an, gebogene eiserne Röhren, die unter dem Flussbett in die Erde oder auch auf dem Grunde des Flussbettes selbst gelegt werden. Hierbei steigt der Sielinhalt, auf der anderen Seite des Flusses angelangt, durch den eigenen Druck beinahe zur ursprünglichen Höhe hinauf und kann dann wieder in geraden Kanälen weiter befördert werden. Man fürchtete ursprünglich, es möchten sich in diesen Siphons Ablagerungen bilden, die schliesslich zu einer Verstopfung derselben führen könnten; die Erfahrung hat jedoch bewiesen, dass bei richtiger Anlage der Dücker diese Furcht unbegründet ist. Man kann übrigens besondere Vorrichtungen anbringen, die gestatten, von Zeit zu Zeit einen starken Wasserstrom durch die Dücker fliessen zu lassen. In Hamburg befindet sich an der Kreuzung eines Kanals mit der Alster ein Siphon von 260 Fuss Länge; in Danzig wird der Inhalt des Hauptausflussrohres vermittelst eines Dückers von 450 Fuss Länge 18 Fuss tief unter dem mittleren Wasserstande der Weichsel durchgeführt, so dass in keiner Weise eine Beeinträchtigung der Schifffahrt durch den Dücker stattfindet.

Spülung der Siele. Bei geringem Gefälle und ungenügender Wasserversorgung, sowie beim Vorhandensein sog. „todter Enden" im Sielsystem, deren Speisung mit Wasser äusserst mangelhaft ist, kann zur Verhinderung von Ablagerungen und Verstopfungen die periodische Spülung mit grösseren Wassermassen nothwendig werden. Auf das Regenwasser ist hierbei nicht zu rechnen, denn der Zufluss desselben ist zu unregelmässig und geschieht oft in viel zu grossen Zwischenräumen; es sind desshalb besondere Vorrichtungen zur Spülung der Siele herzustellen.

In erster Linie können die Kanäle mit ihrem eigenen Inhalte gespült werden. Zu diesem Zwecke werden im Sielnetze selbst, an verschiedenen Orten, wasserdicht schliessende Thüren (sog. Spülthüren) angebracht, die sich nach Belieben schliessen und, nachdem sich das Sielwasser genügend aufgestaut hat, plötzlich wieder öffnen lassen. Die hierdurch vorübergehend hervorgerufene stärkere Strömung ist dann im Stande, die etwa seit der letzten Spülung entstandenen Ablagerungen zu entfernen. Doch ist eine solche Art der Spülung nicht vortheilhaft, weil während

1) Bürkli, a. a. O. S. 190.

2) Münchener Berichte. III. S. 41.

des Aufstauens der Flüssigkeit sich Sinkstoffe ablagern können; ausserdem nimmt die Kraft des Spülstroms mit der Entfernung von der Spülthüre ab und hört schliesslich ganz auf. — Besser ist die Spülung mit Wasser, welches von aussen, z. B. aus einem Fluss oder Bassin, zugeleitet wird, weil hierdurch vorübergehend eine wirkliche Vermehrung und Verflüssigung des Kanalinhaltes erzeugt und eine, das ganze Sielsystem auf einmal betreffende, stärkere Strömung hervorgebracht wird. Eine solche Spülung ist allen anderen Reinigungsmitteln vorzuziehen; ihre Beaufsichtigung ist leicht und billig. Dieselbe ist z. B. in Danzig eingeführt, wo direct das Wasser der Radaune durch das Sielnetz geleitet wird. Das Wasser der städtischen Wasserleitungen benutzt man natürlich nur ungern zur Spülung der Siele; ist man dennoch hierauf angewiesen und hat man in der Wasserleitung genügenden Druck, so ist es am billigsten und wirksamsten, die Kanäle direct mit dem den Hydranten entströmenden Wasser zu spülen (Berlin). An verschiedenen Orten, wo Spülbassins eingerichtet sind, hat man die Kraft des denselben entströmenden Wassers dadurch zu heben gesucht, dass man den Sielen unmittelbar unterhalb der Spülthüren ein stärkes Gefälle gab.

Wie zweckmässig übrigens eine solche künstliche Spülung der Kanäle auch eingerichtet sein mag, man muss doch im Auge behalten, dass dieselbe nur ein Nothbehelf ist für den Fall, dass die Häuser der betreffenden Stadt nicht genügend mit Wasser versorgt sind. „Das Product der Haushaltungen einer mit Wasserleitung versehenen Stadt ist ein Wasser, welches, indem es leicht fliesst, eines Zusatzes von Schwemm- oder Spülwasser nicht bedarf“ (Hobrecht).[1]) Allerdings muss zugestanden werden, dass bis jetzt noch keine Stadt in Deutschland einen solchen idealen Wasserverbrauch aufweist, der die Spülung der Siele überflüssig machen würde; überall, wo Schwemmkanäle existiren, werden dieselben von Zeit zu Zeit gespült.[2])

e. Strasseneinläufe, Einsteigeschächte und Lampenlöcher.

Die vom Strassenwasser mitgeführten festen Stoffe bestehen grösstentheils aus thierischen Excrementen und feinem Sand. Der letztere gibt leicht zu Ablagerungen in den Kanälen Anlass (Paris), wobei die einzelnen Sandpartikeln sich so fest aneinanderlagern, dass schliesslich selbst eine starke Strömung im Siele sie nicht mehr zu

1) Zur Kanalisation Bremens. Dtsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. V. S. 141. — Details über die Spülung findet man bei Bürkli (a. a. O. S. 205 u. flgde.); Kaftan (a. a. O. S. 129 u. flgde.); Latham (Sanitary engineering; a guide of the construction of Works of sewerage and house drainage. 1873. p. 183).

2) In Berlin findet die Spülung der Strassenrohrleitungen alle 14 Tage statt (Kaftan, a. a. O. S. 213).

beseitigen vermag. Hieraus folgt die Nothwendigkeit, das Tagwasser, bevor es den Sielen zufliesst, durch Gruben oder Kasten — Schlammsammler, Sinkkasten, Gullies — treten zu lassen, in welchen sich die von der Strasse hergeschwemmten Sinkstoffe ablagern können, und zwar müssen alle Strassen- und Hofeinläufe mit solchen Schlammkasten versehen sein. Man darf dieselben weder sehr gross, noch sehr klein machen: sind die Gullies zu klein, so hat bei stärkeren Regengüssen das Wasser keine Zeit darin zur Ruhe zu kommen und die mitgerissenen festen Theile abzusetzen; werden andererseits die Gullies zu gross gemacht, so findet bei schwachem und seltenem Regen die Erneuerung des in denselben befindlichen Wassers nur sehr langsam statt, die organischen Bestandtheile des abgelagerten Schlammes haben Zeit zu faulen und können zur Verunreinigung der Strassenluft Veranlassung geben. Nach Bürkli sollen die Schlammkasten einen Rauminhalt von etwa 1 Cubikmeter haben und die Tiefe des in ihnen befindlichen Wassers 1 Meter betragen. Es versteht sich von selbst, dass die Wände der Gullies aus wasserdichtem Material construirt sein müssen: sie werden entweder aus Backsteinen mit Cementauskleidung gebaut oder aus Béton gegossen. In Frankfurt a. M. sind die Sandfänge aus Steingut (2.2 Meter tief und 0.45 Meter Durchmesser) gemacht und mit aushebbaren Eimern, in welchen sich die Sinkstoffe ablagern, versehen.

Damit nicht durch die Gullies Sielluft auf die Strassen ausströme, werden die Abflussröhren derselben gewöhnlich mit einem luftdichten Verschlusse versehen. Am einfachsten und besten bedient man sich hierzu des Wasserverschlusses: die Ausflussöffnung des Gully in die Röhre, welche ihn mit dem Strassensiel verbindet, ist derart eingerichtet, dass sie sich beständig unter Wasser befindet, so dass die Sielluft, um auf die Strasse austreten zu können, dieses Wasser passiren oder vielmehr den Druck desselben überwinden müsste.

Es gibt eine grosse Zahl der mannigfaltigsten Gullymodelle, auf deren Beschreibung aber hier nicht eingegangen werden kann[1]; dieselben unterscheiden sich von einander hauptsächlich durch eine verschiedene Einrichtung des Wasserverschlusses. Nicht unerwähnt darf übrigens bleiben, dass die Nothwendigkeit, die Sielluft hermetisch von der Strasse abzuschliessen, nicht über allen Zweifel erhaben scheint; wenigstens sind in Berlin die Mundstücke der Abflussröhren in den Gullies so eingerichtet, dass eine freie Communication der Sielluft mit der Strassenluft besteht.[2]

1) Siehe hierüber z. B. Kaftan, a. a. O. S. 124, sowie auch die schon oft citirten Werke von Bürkli und Parkes.

2) Münchener Berichte. Beil. VII z. III. Ber. S. 40. — Siehe auch Mitgau, a. a. O. S. 7.

— In kalten Ländern muss der ganze Kasten mit der Ablaufröhre so tief gelegt werden, dass das Wasser in demselben nicht leicht einfriert. Wo während des Winters constant Schnee liegt, also die Gullies unbenutzt bleiben, können die Oeffnungen ihrer Abflussröhren verschlossen werden, damit die Sielluft nicht hinaustrete. — In der Höhe des Strassenpflasters sind die Gullies mit einem Rost von Eisenstäben bedeckt.

Die Schlammkasten müssen immer rechtzeitig ausgeräumt werden, weil sonst das ihnen zuströmende Tagwasser direct durch die Abzugsröhre in das Siel abfliesst und den mitgeschleppten Sand nicht absetzt, ohne dass man hiervon auf der Strasse etwas bemerken würde. Um dies zu vermeiden, lässt man das Mundstück der Abflussröhre etwas in den Kasten hereinragen und biegt sein freies Ende nach unten, sodass durch den Schlamm selbst, wenn er eine gewisse Höhe erreicht, die Mündung der Röhre verschlossen wird; bei erneutem Zufluss von Tagwasser, welches unter diesen Umständen nicht nach dem Siele ablaufen kann, fliesst schliesslich der Kasten über, wodurch die Anfüllung desselben mit Schlamm und die Nothwendigkeit seiner Reinigung angezeigt wird. Nach diesem Princip sind die Gullies in Zürich und, mit etwelchen Modificationen, auch in Berlin eingerichtet.

Die Entfernung der Gullies von einander hängt ab von der Breite und den Gefällsverhältnissen der zu entwässernden Strasse; sie beträgt im Mittel 35—60 Meter; in Berlin ist sie 60—100 Meter. — Zur Vermeidung von Verkehrsstörungen ist es am besten, die Gullies in den Rinnen neben den Trottoiren anzubringen.

Einsteigeschächte, sog. Mannlöcher, sind zur Revision des Sielsystems nothwendig. Dieselben können entweder direct über dem Scheitel der Kanäle errichtet werden (Verticalschächte) oder seitwärts in den Kanal einmünden (Seiteneingänge), wobei das Mannloch im Trottoir angebracht wird. Letztere sind kostspieliger und werden nur da hergestellt, wo die Kanäle in der Mitte von sehr frequenten Strassen liegen. Gewöhnlich werden die Mannlöcher an den Strassenecken angebracht; für Thonrohrleitungen, die nicht begangen werden können, ist diese Lage der Einsteigeschächte absolut nothwendig, damit man den Zustand des Rohres bis zum nächstgelegenen Mannloch unbehindert übersehen könne. Die Entfernung zwischen den einzelnen Schächten beträgt bei Hauptkanälen bis zu 200 Meter; bei kleineren Kanälen, namentlich wenn sie nicht begehbar sind, überschreitet man nicht gerne 100 Meter; bei Thonröhren richtet sich die Entfernung nach der Situation der Bruchpunkte, resp. Strassenecken, sollte aber 60—80 Meter nicht übersteigen.

In früherer Zeit construirte man ausser den Einsteigeschächten noch sog. Lampenschächte. Dieselben wurden in der Regel zwischen zwei entfernte Einsteigeschächte eingeschaltet, damit man durch Hinablassen einer Lampe bis zur Axe der Rohrleitung den Zustand derselben vom zunächstliegenden Schachte aus entweder direct oder mittelst eines Winkelspiegels visitiren könne. Da man nun aber gegenwärtig bei der Herstellung von Rohrleitungen in der Strecke zwischen je zwei Einsteigeschächten jede Gefälls- und Richtungsänderung vermeidet, so sind die Lampenschächte überflüssig geworden; höchstens könnten sie noch in alten Stadttheilen mit vielfach gekrümmten Strassen zur Anwendung kommen.

Ueber die Bedeutung der Einsteigeschächte für die Ventilation des Sielnetzes werden wir weiter unten sprechen.

f. Hausleitungen; Wasserklosets.

Bei der Projection und Anlage von Hausleitungen muss mit äusserster Vorsicht verfahren werden, weil sich sonst sanitäre Uebelstände geltend machen können, die ein schiefes Licht auf den Werth der Sielanlage werfen. Die Verbindung der Hausleitungen mit den Strassensielen geschieht durch die sog. Gabelrohre (bei Rohrleitungen) oder Stutzen (bei gemauerten Kanälen). Sie muss in einer Weise angelegt sein, dass durch das Einfliessen des Hauswassers keine Störung der Strömung im Siele stattfindet. Dies wird am besten erreicht, wenn der Anschluss des Hausrohres an das Strassenrohr unter spitzem Winkel, nach möglichst flachem Kreisbogen geschieht; je grösser die Weite der Röhren, desto grösser muss auch der Radius des Verbindungsbogens sein.

Das Gefälle der Hausentwässerungsröhren richtet sich nach der Breite der Strassen und nach der Tiefe der Grundstücke. Gefälle, die geringer sind als 1 : 50, werden selten angewandt; am häufigsten nimmt man ein Gefälle von 1 : 50 bis 1 : 30 an (Berlin), doch sind auch solche von 1 : 14 bis 1 : 10 in Anwendung gekommen (Frankfurt a. M.).[1] Vor allzu starkem Gefälle wird man sich wegen der Gefahr des Trockenlaufens der Röhren zu hüten haben.

Man bedient sich zur Herstellung der Hausleitungen am liebsten glasirter Steinzeugrohre. Wo eine solche Leitung die Fundamentmauern passirt, muss das Mauerwerk über dem Rohre durch Einwölbung entlastet, oder es muss an dieser Stelle ein Eisenrohr eingeschaltet werden. Besondere Aufmerksamkeit ist der Dichtung der Verbindungsstellen in der ganzen Ausdehnung des Hausrohres, besonders aber an der Anschlussstelle an die Strassenleitung zu widmen. Werden Eisenrohre angewendet, so sollen dieselben innen und aussen asphaltirt sein. Der Durchmesser der Rohre im Lichten beträgt gewöhnlich 15—16 Cm., selten mehr.

Das Hausrohr kann, von seiner Verbindung mit dem Strassensiele an, ohne Unterbrechung, durch die ganze Tiefe des Hauses nach den Hofgullies geführt werden, wobei es in seinem Laufe unter dem Hause hindurch die Abfallrohre des letzteren aufnimmt, wie dies z. B. von Wiebe für Königsberg projectirt ist[2]); oder aber das

1) Siehe die Pläne der Hausentwässerungsanlagen in den hierauf bezüglichen Schriften des Frankfurter Bauamtes.

2) Wiebe, a. a. O. S. 43.

Hausrohr kann durch einen in der Hausflur oder im Keller angebrachten „Revisionsschacht“ unterbrochen werden, in welchem die Verbindung des eigentlichen Hausrohres (sog. Grundleitung) mit der Anschlussleitung (d. h. vom Anschluss an die Strassenleitung bis zum Revisionsschacht) stattfindet. Diese Revisionsschachte, wie sie in Berlin[1]) eingerichtet sind, haben den Zweck, die Hausleitung im Falle irgend welcher Störung leichter zugänglich zu machen; von hier aus kann eine etwaige Reinigung sowohl der Grundleitung als auch der Anschlussleitung stattfinden. Um das Eindringen der Ratten in die Hausleitung zu verhindern, sowie auch um die letztere gegen etwaige Rückstauung des Sielwassers zu schützen, hat man im Mundstück der Hausleitung, innerhalb des Kastens, eine selbstthätige Hängeklappe angebracht.

Man war früher ängstlich bemüht, zwischen den öffentlichen Leitungen und den Hausdrains einen hermetischen Verschluss einzurichten und legte zu diesem Ende in die Grundleitung Siphons („Hausdraintraps“) ein. Die unmittelbare Folge davon war, dass, besonders bei geringerem Wasserverbrauche, der Siphon sich mit Fett, Haaren u. s. w. verstopfte und den Abfluss behinderte. In Berlin wurden die Hausdraintraps auf Wunsch der Hausbesitzer wegen grosser Inconvenienzen entfernt; überhaupt kann man die Einrichtung derselben als einen überwundenen Standpunkt betrachten, seitdem der Gedanke, die Hausleitungen zur Ventilation des Sielsystems zu benutzen, immer mehr Anklang gefunden hat.

Auch Schlammkasten hat man früher unmittelbar vor der Vereinigungsstelle der Hausdrains mit den Strassenleitungen angebracht, um schwer bewegliche Gegenstände von den letzteren fern zu halten. Gegenwärtig sind Schlammkasten an der genannten Stelle vollständig verlassen; statt dessen bringt man auf den Höfen Sinkkasten an, die in ähnlicher Weise eingerichtet sein müssen, wie die oben beschriebenen Strassengullies.

In die Grundleitung münden nun mittelst möglich sanfter Bogen sämmtliche Abfallrohre des Hauses — die Fallrohre der Wasserklosets, die Abflüsse der Küchenausgüsse, Badewannen, Waschküchen u. s. w., deren Zahl je nach der Grösse und Einrichtung der Häuser äusserst verschieden ist. — Das Fallrohr der Wasserklosets wird gewöhnlich von Eisen hergestellt, asphaltirt und hat einen inneren Durchmesser von 10—14 Cm. Dasselbe hat vor seinem Uebergang in die Grundleitung keinen Siphon, sondern communicirt direct mit der öffentlichen Leitung. Das obere Ende dieses Fallrohres wird bis über das Dach hinaus verlängert; es dient somit zur Ventilation der Hausleitung und in vielen Fällen auch zur Ventilation des Stras-

1) Siehe hierüber die schon oft angeführten Schriften von Mitgau und Kaftan; auch Janke, Die Schwemmkanalisation und die Anschlüsse der Grundstücke an dieselbe. 1879. S. 17 u. flgde.

sensielnetzes; die einzelnen Klosets stehen durch kurze Seitenrohre mit dem Fallrohre in Verbindung. — Die gebräuchlichen Wasserklosets sind von verschiedener Construction. Sie lassen sich im Allgemeinen auf drei Typen zurückführen, die ebensoviele Verschiedenheiten in der Einrichtung der Wasserverschlüsse bezeichnen:

Bei dem sehr gebräuchlichen „Pankloset" wird der Wasserverschluss durch eine Schaale hergestellt, welche durch ein Gegengewicht an die untere Oeffnung des Abtritttrichters angedrückt wird und fortwährend eine Wassersäule von etwa 7 Cm. Höhe enthält. Durch eine Drahtverbindung, die mit einem Handgriff auf dem Sitzbrett endigt, kann die Schaale gesenkt werden und es fliesst dann der Inhalt des Trichters direct in das Fallrohr ab; zugleich aber ist die Einrichtung getroffen, dass beim Senken der Schaale aus einem etwa 1,5 Meter über dem Sitzbrett befindlichen Wasserreservoir durch eine Bleiröhre Wasser in den Trichter eintritt und die Wände desselben bespült; nachdem die Schaale sich wieder gehoben hat, bleibt in derselben eine Schicht reinen Wassers zurück. Das Reservoir über dem Sitzbrett füllt sich aus der Wasserleitung auf automatischem Wege und zwar strömt ihm beim Gebrauche des Klosets immer gerade soviel Wasser zu als ins Fallrohr abgeflossen ist.

Bei den Wasserklosets mit Klappen, die namentlich in Amerika beliebt sind, ist die Schaale durch ein Klappenventil ersetzt. — Am einfachsten in ihrer Construction sind diejenigen Klosets, bei denen der Wasserverschluss durch einen Siphon hergestellt wird. Sie empfehlen sich ihrer Billigkeit halber besonders für Häuser mit einer weniger wohlhabenden Bevölkerung. Damit aber solche Wasserverschlüsse vom sanitären Standpunkte aus keine Bedenken einflössen, muss einmal der Wasserzufluss genügend sein, so dass der Siphon nach jedem Gebrauche des Klosets vollständig mit reinem Wasser gefüllt werden kann; sodann darf die Höhe der abschliessenden Wassersäule jedenfalls nicht unter 2.5 Cm. bleiben: wie nämlich Beobachtungen Lissauer's [1]) gezeigt haben, wird eine niedrigere Wassersäule leicht durch den Druck eines aufsteigenden Luftstromes überwunden, welcher dann eintreten kann, wenn im Bereiche desselben Fallrohrs vehemente Spülung stattfindet; ausserdem kann bei flachen Siphons der Wasserverschluss durch sturzweises Eingiessen in denselben sich selbst entleeren. Zur Vermeidung dieser Uebelstände ist, ausser der gehörigen Höhe der abschliessenden Wassersäule, noch die directe Ventilation des Siphonrohres durch ein besonderes, im Scheitel des Siphons angebrachtes Ventilationsrohr von genügender Weite nothwendig; bei einstöckigen Häusern dürfte es übrigens genügen, wenn das Fallrohr selbst bis über das Dach hinaus verlängert ist. Zur Vermeidung von Verstopfungen darf die innere Weite des Siphonrohres nicht geringer sein als 10 Cm. — Es gibt auch Wasserklosets, in welchen man die Schaale oder Klappenventile mit Siphons verbunden und auf diese Weise einen doppelten Wasserverschluss hergestellt hat (System Jennings in London). Dieses Kloset bedarf zu seiner Reinigung eine bedeutend grössere Wassermenge als die übrigen, da sonst die im Siphon zurückbleibenden

1) Ueber das Eindringen von Kanalgasen in die Wohnräume. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. XIII. S. 341.

Fäcalien üble Gerüche verbreiten können. In Berlin haben sich aus diesem Grunde Klosets mit Doppelverschluss nicht bewährt, während das einfachere Pankloset sehr gute Dienste leistet.

Für arme Stadtviertel mit dichtbevölkerten Häusern, ferner für Schulen, Kasernen, Fabriken, empfehlen sich die von England [1]) ausgegangenen „Trogklosets“ (tank or trough closets). Dieselben bestehen in einem Troge, in welchen eine grössere Anzahl von Abtritttrichtern mündet. Der Trog ist bis zu einer gewissen Höhe mit Wasser gefüllt und hat nach dem einen Ende hin eine geringe Neigung; an diesem Ende befindet sich eine Klappe, die geöffnet wird, wenn der Inhalt entleert werden soll. Das Abflussrohr hat direct unter dem Trog, wo es am zugänglichsten ist, einen Siphon. Am oberen Ende des Troges befindet sich der Hahn der Wasserleitung. Hierbei hat der einzelne Besucher mit der ganzen Vorrichtung nichts zu thun, sondern die Leerung des Troges, seine Spülung und Anfüllung mit reinem Wasser wird einer besonderen Persönlichkeit anvertraut.

Bei zweckmässiger Einrichtung der Hausleitungen und guter Construction der Wasserklosets sind die letzteren vollkommen geruchlos und können ohne irgendwelche Unannehmlichkeiten mitten in bewohnten Räumen angebracht werden. Es gibt keine Abtrittseinrichtung, die so rein gehalten werden könnte und so sehr die Wohnungsluft vor Verunreinigung mit den Ausdünstungen der Fäcalmassen garantiren würde, wie das Wasserkloset. Doch setzt sein regelmässiger Gebrauch eine hinreichende Wasserversorgung der Häuser bis ins oberste Stockwerk voraus. Der Wasserverbrauch in den Klosets ist sehr verschieden, je nach ihrer Construction: in Danzig beträgt er bei regelmässiger Benutzung 1¾ Liter pro Sitzung[2]); im Allgemeinen variirt er zwischen 2—5 Liter pro Kopf der Bevölkerung im Tag.

Neben dem Kloset muss ein separates Pissoir vorhanden sein, das in Privathäusern am besten aus einem Porzellanbecken besteht, über welchem ein Hahn der Wasserleitung angebracht ist; das Abflussrohr des Pissoirs soll mit Wasserverschluss und Ventilationsrohr versehen sein.

Das von Vielen gefürchtete Einfrieren des Wassers in den Zuleitungsröhren, den Wasserverschlüssen oder Abfallröhren ist leicht zu vermeiden, wenn man bei Einrichtung der ganzen Hausentwässerungsanlage die klimatischen Verhältnisse der betreffenden Stadt berücksichtigt. In Petersburg kommt auch im strengsten Winter ein Gefrieren des Wassers in den Wasserklosets niemals vor; allerdings sind daselbst sowohl die Klosets, als auch alle Röhrenleitungen innerhalb der Häuser und Wohnräume angebracht. Bei Hofklosets muss der Wasserverschluss in eine

---

1) Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. III. S. 189.

2) Münchener Berichte. Beil. VII z. III. Ber. S. 55.

frostfreie Tiefe verlegt werden; auch der Wasserzufluss ist durch besondere Vorrichtungen vor dem Einfrieren zu schützen.[1])

Die Abfallrohre aus Küchen, Waschküchen, Badestuben u. dgl. bekommen gewöhnlich einen Durchmesser von 5 bis 8 Cm. und sollen sich in gleicher Weite über das Dach als Dunstrohre fortsetzen. Die zu den einzelnen Ausgüssen führenden Seitenröhren müssen siphonartige Wasserverschlüsse besitzen.[2]) Ueber jedem Ausgusse, Spültische u. dgl. muss ein Zapfhahn angebracht sein. Zum Zurückhalten gröberer Gegenstände soll in den Küchenausgüssen u. s. w. unmittelbar über dem Abflussrohr ein unabhebbares Gitter angebracht sein. Die Abfallrohre können entweder direct in die Grundleitung münden, oder man kann vor ihrer Vereinigung mit der letzteren noch eine Art Sandfang oder Sinkkasten anbringen, wie dies durchwegs in Frankfurt a. M. geschehen ist, wo die Abfallrohre der Küchen und Waschküchen vor ihrer Einmündung in die Grundleitung eine siphonartige Biegung besitzen. Dieser Siphon befindet sich in einem besonderen Einsteigeschacht (Siphonschacht) und wird von Zeit zu Zeit gereinigt. In Berlin werden bei Räumen, in denen Sand zum Scheuern in grosser Menge benutzt wird, zur Abhaltung desselben von den Strassensielen Gullies in der Specialleitung angebracht. Für Localitäten, welche in ungewöhnlich grosser Menge fettige oder seifenartige Abgänge produciren, sind sog. Fetttöpfe in die Specialleitung einzuschalten. Dieselben sind von Gusseisen, emaillirt, und müssen behufs zeitweiliger Reinigung zugänglich sein; die Abflussröhren derselben haben einen siphonartigen Wasserverschluss von mindestens 10 Cm. Weite.

Die an der Hinterfront der Gebäude oder auf dem Hofe befindlichen Regenabfallröhren werden direct mit der Grundleitung verbunden. Die an der Vorderfront hinabgeführten Regenrohre können entweder der Hausanschlussleitung oder direct dem Strassensiel zugeführt werden (Berlin). In neuerer Zeit hat man diese Regenrinnen vielfach zur Ventilation des Sielnetzes benutzt, indem man sie unter dem Trottoir fortführte und sodann durch ein auf dem Scheitel des Sieles senkrecht stehendes Rohr mit der Strassenleitung verband. Da hierbei ein Wasserverschluss unmöglich ist, andererseits aber von Ziegeldächern leicht kleinere Ziegelstücke in das Rohr gelangen, so hat man, um diese letzteren vom Siele abzuhalten, das Regenabfallrohr gabelförmig getheilt, den senkrecht stehenden Schen-

---

1) Die Einrichtung der Berliner Hofklosets s. bei Mitgau a. a. O. S. 7.

2) Ueber die Ventilation dieser Abfallrohre s. weiter unten.

kel desselben für die Ventilation des Kanals bestimmt, im zweiten Schenkel aber einen Siphon eigenthümlicher Construction eingeschaltet, durch welchen Fremdkörper zurückgehalten werden; durch Abschrauben der unteren Platte kann man denselben von Zeit zu Zeit reinigen.

Die Benutzung der Regenabfallrohre zur Ventilation der Strassensiele ist natürlich nur dann thunlich, wenn die ersteren nicht unter Dachfenstern endigen. Von einzelnen Seiten (Wiebe) wird übrigens die Benutzung der Abfallröhren aus den Regenrinnen zur Ventilation der Kanäle überhaupt missbilligt, weil bei starkem Regen das in ihnen hinabfallende Wasser mitgerissene Luft in sie hineintreibe, so dass zu einer Zeit, wo die Luft in den Kanälen dem in grosser Menge einströmenden Wasser Platz machen muss, nicht nur dieses Entweichen der Luft behindert, sondern neue Luft in die Kanäle hineingetrieben werde, so dass leicht nachtheilige Spannungen der Luft im Sielnetze stattfänden. Schwerlich dürfte diese Befürchtung, die doch wesentlich nur auf aprioristischer Anschauung beruht und durch die Erfahrung bis jetzt keine Bestätigung erhalten hat, schwerwiegend genug sein, um die Benutzung der Regenröhren zur Ventilation des Sielnetzes, die ja in mancher Hinsicht so gute Dienste leistet, zu beseitigen.

Was die Abwässer aus gewerblichen Anlagen und Fabriken betrifft, deren Menge oft sehr gross ist, so sollten dieselben, wenn man das der Schwemmkanalisation als Städtereinigungsmethode zu Grunde liegende Princip aufrecht erhalten will, ebenso gut wie die Hauswässer den städtischen Sielen übergeben werden. Da sie nun aber nicht selten Substanzen enthalten, welche die Verwendung des Sielwassers zur Berieselung oder seinen Einlass in Wasserläufe unmöglich machen würden, so sind besondere Vorschriften darüber nöthig, ob und unter welchen Umständen (vorausgehende Reinigung durch Klärung, Desinfection u. s. w.) Fabrikseffluvien den öffentlichen Leitungen übergeben werden dürfen.

Gut eingerichtete Pissoirs in öffentlichen Localen sowie Strassenpissoirs sind ein nicht zu verachtender Factor einer zweckentsprechenden Städtereinigung, denn sie sind es, die fast allen jenen Harn aufnehmen, welcher niemals und nirgends in die Abtritte gelangt und, bei Abwesenheit öffentlicher Pissoirs, fast ausschliesslich dem Erdreich übergeben wird. Zahl und Einrichtung dieser Pissoirs müssen also dem Bedürfnisse der Bevölkerung entsprechen. In sanitärer Hinsicht ist an sie die Bedingung zu stellen, dass sie reichlich mit Wasser gespült werden und keinen Urin dem Erdboden übergeben, sondern denselben rasch und ausschliesslich den Strassensielen zuführen. Boden und Wände, überhaupt alle Theile, die vom Urin getroffen werden können, müssen aus wasser-

dichtem, glattem Material bestehen (Schieferplatten, polirte Granit- oder Marmortafeln) und permanent mit Wasser bespült werden. Der Boden soll nach dem Abflussrohre hin leicht geneigt sein; das letztere muss einen siphonartigen Wasserverschluss gegen das Strassensiel hin besitzen. Wichtig ist es, dass alle öffentlichen Pissoirs gut beleuchtet seien.

Obligatorischer Anschluss. Die Frage, ob in einer mit Schwemmkanalisation versehenen Stadt die Hauseigenthümer zum Anschluss der Hausdrainage an die Strassensiele zu verpflichten seien, wurde in verschiedener Weise beantwortet. Hobrecht hielt für Berlin den Zwang zum Anschluss der Grundstücke aus vielen Gründen nicht für erspriesslich und auch für unnöthig, indem er darauf rechnete, dass die mit der Kanalisation verbundenen Vortheile und Annehmlichkeiten auch ohne Zwang die Hausbesitzer bewegen würden sich den Strassensielen anzuschliessen. Andererseits hielt man es für unmöglich den Hauseigenthümern in dieser Beziehung freie Wahl zu lassen, weil man fürchtete, es möchten hierbei Viele auf Grund falscher finanzieller Vorstellungen oder aus Apathie ihre Grundstücke im Zustande früherer Unreinlichkeit belassen.

In der That handelt es sich hier, wie bei allen Fragen der öffentlichen Gesundheitspflege darum, dass nicht das gemeinschaftliche Interesse durch die Gleichgültigkeit und Nachlässigkeit Einzelner gefährdet werde, und von diesem Standpunkte aus lassen sich wirklich Betrachtungen anstellen, welche einen Zwang zum Anschlusse der Hausentwässerungsanlagen an die öffentlichen Leitungen gerechtfertigt erscheinen lassen. Erstens hat, ohne Zweifel, die Gesammtheit ein Interesse an der Reinlichkeit jedes einzelnen Hauses und des unter demselben befindlichen Erdreiches; sodann wird die Spülung und somit der ganze Betrieb des Sielsystems um so besser sein, je mehr Wasser den Kanälen zuströmt; endlich würde es fast unmöglich sein, den Antheil der einzelnen Hausbesitzer an den Ausgaben für die Kanalisation zu berechnen, wenn man nicht mit Sicherheit annehmen könnte, dass alle Grundstücke, die an den kanalisirten Strassen liegen, sich dem Sielnetze anschliessen werden. — Man hat vielfach geglaubt, sich mit einem Verbote der Abtrittgruben begnügen zu müssen, in der Erwartung, dass dann von selbst der Anschluss der Grundstücke an die Kanalisation erfolgen werde. Allein Vernichtung der Abtrittgruben ist durchaus nicht identisch mit Herstellung einer zweckmässigen Hausdrainage, wie sie die Schwemmkanalisation verlangt. Aus diesen Gründen ist man denn schliesslich fast überall zu Ortsstatuten mit Verpflichtung der Hausbesitzer zu Ableitung ihres Hauswassers in die Strassensiele gelangt (Danzig, Berlin).[1]) — Bindende Vorschriften über Einführung

---

[1]) § 1 und 2 der Berliner Polizeiverordnung vom 14. Juli 1874, die Hausentwässerung in den kanalisirten Stadttheilen betreffend, lauten folgendermaassen:

§ 1. In denjenigen Stadttheilen und Strassen, welche bei der bevorstehenden

der Wasserklosets existiren nirgends, einmal, weil überhaupt die mit dem Wasserkloset verbundenen Annehmlichkeiten so gross sind, dass dasselbe für sich selbst Propaganda macht, — zweitens, weil es immer noch Städte gibt, die, obgleich von der Nothwendigkeit der Kanalisation überzeugt, doch Bedenken tragen, die Schwemmkanalisation consequent durchzuführen und mit der Einleitung der Fäcalien in die Siele zurückhalten (s. unten). Wo aber Wasserklosets schon existiren, da soll die Einleitung der Fäcalien in die Strassenkanäle obligatorisch sein.

g. Ventilation der Siele; Kanalgase.

Die Nothwendigkeit, der Ventilation der Strassensiele und Hausleitungen eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken, wird von Niemanden geläugnet, obgleich über die sanitäre Bedeutung der Sielluft sehr verschiedene und einander diametral entgegengesetzte Ansichten existiren. Leider ist, trotz einzelner, wichtiger Untersuchungen die Frage über die Beschaffenheit der Luft in den Sielen noch nicht hinreichend aufgeklärt. Dieser Umstand ist vor allem den auch unter den Vertretern der medicinischen Wissenschaft äusserst verworrenen Anschauungen über die Aetiologie der Infectionskrankheiten (Abdominaltyphus, Cholera, Diphtherie) und anderer Leiden (Diarrhoe, Bronchitis) zuzuschreiben. Diese Lehre ist namentlich von England aus unterstützt worden und unter dem Namen „Kanalgastheorie“ (sewer-gases-theory) bekannt. Begreiflicherweise ist es an dieser Stelle nicht unsere Aufgabe zu besprechen, inwieweit die Kanalgastheorie mit dem gegenwärtigen Stande der wissenschaftlichen Forschung über die Aetiologie und Verbreitung der Infectionskrankheiten übereinstimmt; auch ist es hier unmöglich, die einzelnen Fälle, in welchen das vermuthete Austreten von Kanalgasen in die Häuser Typhus,

---

Kanalisirung der Stadt mit unterirdischer Entwässerungsanlage versehen werden, ist jedes bebaute Grundstück durch ein in dasselbe einzuführendes Rohr (Hausableitungsrohr) an das Strassenrohr resp. den Strassenkanal anzuschliessen. Durch das Hausableitungsrohr ist das Regenwasser, Haus- und Wirthschaftswasser in das Strassenrohr resp. den Kanal abzuführen. Feste Stoffe, wie Küchenabfälle, Müll, Kehricht, Schutt, Sand, Asche u. dgl. dürfen in das Hausableitungsrohr nicht abgeführt werden. Aus allen Wasserklosets müssen auch die menschlichen Excremente durch das Hausableitungsrohr in das Strassenrohr ... abgeführt werden.

§ 2. Auf den Grundstücken derjenigen Strassenstrecken, in denen die Kanalisation zur Ausführung gelangt, ist die Anlegung neuer Abtrittgruben nicht gestattet. Die auf solchen Grundstücken vorhandenen Abtrittgruben dürfen in keiner Weise mit der Hausentwässerung in Verbindung stehen oder gesetzt werden. Jede Verbindung einer Abtrittgrube mit einer Entwässerungsanlage ist innerhalb vier Wochen nach geschehener Aufforderung zu beseitigen.

(Verordnungen und Bestimmungen in Betreff der Hausentwässerungen und der Anschlüsse an die Kanalisation von Berlin. 1879.)

Für die Stadt Basel waren, im Falle der Einführung der Schwemmkanalisation, ähnliche Vorschriften projectirt (Göttisheim in der Deutsch. Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege. V. S. 523 u. flgde.).

Diphtheritis u. s. w. verursacht haben soll, zu analysiren, — aber wir müssen erörtern, inwieweit das, was man über die Beschaffenheit der Luft in gutgebauten Sielen und ihr Verhalten zu den Wohnungen weiss, Veranlassung zu gegründeten Befürchtungen in Bezug auf Verderbniss der Wohnungsluft und Verbreitung specifischer Krankheitskeime geben kann.

Die Beschaffenheit der Sielluft hängt wesentlich von der technischen Ausführung des Kanalnetzes selbst ab. In alten, unzweckmässig gebauten Kanälen, die sehr viel Aehnlichkeit haben mit grossen Abtrittgruben, wo die Fäcalmassen so lange verweilen, dass weitgehende Fäulnissprocesse möglich sind, ist eine reine Luft von vornherein nicht zu erwarten. Dementsprechend fand denn auch Parent-Duchâtelet[1]) in der Luft eines älteren Pariser Kanals nur 13.99 % Sauerstoff und nicht weniger als 2.99 % Schwefelwasserstoff. Gaultier de Claubry[2]) fand im Mittel aus 19 Analysen der Luft alter Pariser Kanäle 1.25 % Schwefelwasserstoff und 3.4 % Kohlensäure; die geringste gefundene Menge Sauerstoff war 17.4 %. Es ist unter diesen Umständen nicht wunderbar, dass solche Kanäle zuweilen zu acuten Vergiftungen durch Kloakengase Veranlassung gaben.

Ganz andere Zusammensetzung zeigt die Luft in richtig construirten Schwemmkanälen, in welchen die Fäcalmassen keine Zeit zu fortgeschrittenen Fäulnissprocessen haben, sondern innerhalb äusserst kurzer Zeit nach ihrer Entleerung aus dem Bereiche der Stadt entfernt werden. Das Urtheil aller Sachverständigen, welche jemals solche Siele begangen haben, lautet im Allgemeinen sehr günstig über die Beschaffenheit der Sielluft.

Nach der Angabe Varrentrapp's[3]) kommen auch während heisser, trockener Sommer üble Gerüche in den Kanälen von Altona nur vorübergehend vor, wenn z. B. von Lohgerbereien oder anderen gewerblichen Anlagen plötzlich grosse Mengen schlecht riechender Flüssigkeit in die Siele entleert werden. Im Winter, wenn die wärmere Kanalluft als sichtbarer Dampf aus den Strassenlöchern aufsteigt, kann man sich von ihrer Geruchlosigkeit überzeugen. — An den Mündungen der Strassenrinnen in die Kanäle kamen sowohl in Hamburg als auch in London zuweilen üble Gerüche vor, als diese Einrichtungen noch nicht mit Schlammkasten und Wasserverschluss versehen waren. — Die Münchener Commission[4]) fand die Luft in den Frankfurter Sielen schwach dumpfig, kellerartig, doch meist ohne bemerkbaren Geruch. — Mitgau[5]) constatirt, dass in

1) Parent-Duchâtelet, Hygiène publique. I. p. 209 u. 390.

2) Ibid. p. 389.

3) Varrentrapp, Ueber Entwässerung der Städte. S. 138.

4) Münchner Berichte. VII. Beil. z. III. Ber. S. 4.

5) Mitgau, a. a. O. S. 9.

den Einsteigeschächten der Berliner Kanäle eine irgendwie unangenehme Ausdünstung nicht bemerkt wird. — In den Münchener Sielen ist nach Pettenkofer[1]) bei guter Spülung der Geruch auffallend gering; nur bei mangelhafter Spülung und Stagnation des Inhalts wurde an einzelnen Stellen ein übler, fauliger Geruch wahrgenommen. Vermuthlich aus demselben Grunde hat auch die Münchener Commission in Danzig an der Mündung einiger Einsteigeschächte einen starken üblen Geruch bemerkt.[2])

Das Material über chemische Analysen der Sielluft ist noch sehr dürftig und die vorliegenden Angaben können auf keine allgemeine Bedeutung Anspruch machen. Ueber den Einfluss der Ventilation, der Temperaturschwankungen, der die Siele durchströmenden Flüssigkeitsmenge u. dgl. auf die Beschaffenheit der Sielluft wissen wir gar nichts. Einige Anhaltspunkte zur Beurtheilung der chemischen Zusammensetzung dieser Luft gibt folgende Zusammenstellung vorhandener Analysen (die Zahlen bedeuten Volumprocente):

	CO_2	NH_3	H_2S	O	N	Autor
Neuere Londoner Siele . . .	0.532	ziemlich viel	Spuren	—	—	Letheby[3])
Neuere Lond. Siele (18 Analysen)	0.106	—	—	20.71	—	Miller[4])
„ „ „ (6 Analysen)	0.307					
Siele in Paddington (am meisten verunreinigte Luft) .	0.510	—	—	20.7	78.79	Russel[5])
Münchener Siele (5 Analysen)	0.314	0.022	0	—	—	Beetz[6])
Luft in gewöhnlichen Abtrittrohren	0.366	0.036	Spuren	—	—	„
Atmosphärische Luft . . .	0.02—0.05	0	0	20.9	79.1	„

Man sieht, dass der Sauerstoffgehalt der Sielluft sich nur äusserst wenig vom Sauerstoffgehalte der atmosphärischen Luft unterscheidet; dagegen enthält die Sielluft bedeutend mehr Kohlensäure, immer etwas Ammoniak und zuweilen Spuren von Schwefelwasserstoff. Ueber die in der Kanalluft enthaltenen Mengen übelriechender Kohlenwasserstoffe u. dgl. liegen keine Beobachtungen vor.

Eine Luft von der durch obige Analysen angedeuteten Zusammensetzung kann unter keinen Umständen giftig wirken; man könnte ihr höchstens, falls sie fortwährend durch offene Leitungen unseren Wohnungen zuströmen würde, wie dies die Luft aus den Abtritt-

1) Das Kanal- oder Sielsystem in München. S. 23 u. flgde.
2) Münchener Berichte. Beil. VII z. III. Ber. S. 54.
3) Parkes, a. a. O. S. 104.
4) Ebenda.
5) Ebenda.
6) Bayr. ärztl. Intelligenzbl. 1877. No. 20.

gruben thut, die sanitäre Bedeutung der letzteren zuschreiben; auch dieser Ausspruch kann übrigens nur mit Vorbehalt gethan werden, da im Allgemeinen die Sielluft reiner zu sein scheint als die Luft der gewöhnlichen Abtrittrohre.

Nun ist aber ein Vergleich der Abfallrohre beim Schwemmkanalisationssysteme mit den gewöhnlichen Abtrittröhren schon desshalb vollkommen unzulässig, weil bei der Schwemmkanalisation jedes Abfallrohr mit einem Wasserverschluss gegen die Wohnungen hin abgeschlossen ist, so dass ein Uebertritt der Luft aus den Hausleitungen in die Wohnungen nur dann möglich ist, wenn entweder der Wasserverschluss direct gebrochen wird, oder eine Diffusion der Sielgase durch das Wasser der Siphons hindurch stattfindet.

Da diese beiden Factoren der Kanalgastheorie als wesentliche Stützpunkte dienen, so ist es nothwendig hier die Strömungs- und Druckverhältnisse der Luft in den Sielen kurz zu besprechen.

Es ist eigenthümlich, dass eine ganze Theorie über die unheilvollen Wirkungen der in die Häuser eindringenden Sielluft entstehen konnte, ohne dass man sich vorerst die Mühe gegeben hatte, die Art der Luftbewegung in den Sielen und der sie bestimmenden Factoren einer wissenschaftlichen Analyse zu unterwerfen. Die spärlichen Kenntnisse, die wir hierüber besitzen, entstammen der neuesten Zeit. Rózsahegyi[1]) hat gefunden, dass die Bewegung der Luft in den Münchener Strassenkanälen fast constant dem Gefälle der Siele folgt, und dass weder die herrschende Windrichtung im Freien, noch die höhere Temperatur am oberen Ende des Sielnetzes, dem unteren Ende gegenüber, einen merklichen Einfluss auf Richtung und Geschwindigkeit des Luftzuges in den Sielen ausübt. Er glaubt sich berechtigt diesen vorwaltend abwärts gehenden Luftzug in den Kanälen durch Adhäsion der Luft an das in gleicher Richtung fliessende Sielwasser zu erklären.

Die Grösse des Luftwechsels in den von ihm untersuchten Sielen berechnet Rózsahegyi nach anemometrischen Beobachtungen für die Dauer von 24 Stunden wie folgt:

I.	Stammsiel	46000—84000 Cbm.
II.	Hauptsiel	23500—93000 „
III.	Schlachthauskanal . .	21000—48000 „

Auch in dem Danziger Sielsystem herrscht nach den Beobachtungen Lissauer's (a. a. O.) im Allgemeinen ein absteigender Luftstrom, der die Luft aus dem Hause in das Siel hineinsaugt.

1) Ueber die Luftbewegung in den Münchener Sielen. Ztschr. f. Biol. XVII. S. 23 u. flgde. 1881.

In Bezug auf die Luftbewegung in den Strassenöffnungen und Hausleitungen fand Rózsahegyi, dass durch die Communicationen nach den Häusern und Strassen hin die Sielluft öfter aus- als einströmt, wie folgende Zahlen beweisen:

	hinaus	herein	windstill
Haussiele	33	21	51
Strassenöffnungen . . .	47	24	6
Summe der Bestimmungen	70	45	57

Dieses Resultat erklärt sich übrigens daraus, dass in den nach älterem System gebauten Münchener Sielen die Hausleitungen und Strasseneinläufe keine Wasserverschlüsse besitzen, so dass die Kanäle mit der Strasse und den Häusern oder Höfen frei communiciren. Die von Rózsahegyi in München gemachten Erfahrungen lassen sich desshalb nicht auf neuere Schwemmsielsysteme mit Wasserverschlüssen an den Abfallrohren der Hausleitungen und den Strasseneinläufen ausdehnen. Dies wird schon dadurch bewiesen, dass der genannte Beobachter in dem neuen Schlachthauskanale Münchens, dessen Communicationen meistens mit Wasserverschlüssen versehen sind, ganz andere Resultate erhielt: es strömte nämlich an den Haus- und Strasseneinläufen unter 21 Beobachtungen die Luft 1 mal hinaus, 3 mal in das Siel herein und 17 mal wurde an den Communicationen Windstille beobachtet.

Jedenfalls aber muss man als feststehend ansehen, dass durch sich nahe liegende Mündungen von Hausentwässerungen ein Austausch der Luft von einem Hause oder Hofe nach dem andern hin stattfinden kann, soweit die Hausleitungen, resp. deren Abfallrohre nicht mit richtig functionirenden Wasserverschlüssen versehen sind.

Doch die Wasserverschlüsse können gebrochen werden. Diese Thatsache muss man zugeben, obgleich sie von den Vertheidigern der Schwemmkanalisation, die überhaupt den Hausleitungen früher eine zu geringe Aufmerksamkeit schenkten, lange Zeit ignorirt wurde. Wie amerikanische Beobachtungen[1]) und sodann die oben angeführten Untersuchungen Lissauer's beweisen, wird die zeitweilige Insufficienz oder die vollständige Entleerung eines siphonartigen Wasserverschlusses namentlich durch Druckschwankungen und Heberwirkungen in den Hausleitungen selbst bewirkt, die in Folge vehementer Entleerung grosser Flüssigkeitsmassen auftreten; es kann also der Wasserverschluss eines Seitenrohres bei plötzlicher Entleerung eines anderen Ausgusses, der in dasselbe Fallrohr mündet, gebrochen werden; sogar Selbstentleerung siphonartiger Wasserverschlüsse kommt vor, wenn durch den zugehörigen Ausguss rasch eine grössere Flüssigkeitsmenge abströmt. Es ist wichtig, dass diese Uebelstände durch

1) Paul Gerhard, Anlagen von Hausentwässerungen u. s. w. Berlin 1880.

Vervollkommnungen in der Einrichtung der Hausleitungen und speciell in der Construction der Wasserverschlüsse gehoben werden, wenn auch keine Beobachtungen vorliegen, welche die pathogenetische Bedeutung der zufällig durch aufgehobene Wasserverschlüsse eingedrungenen Luft beweisen würden.

Renk[1]) betonte auf der Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege zu Wien, dass eine Verletzung der Wasserverschlüsse vor allem durch das Volllaufen der Leitungen hervorgerufen werde. Kommt dies in einer verticalen Fallröhre, welche oben geschlossen ist, zu Stande, so werden alle seitlich daransitzenden Wasserverschlüsse, an welchen das Wasser vorbeifliesst, durch die saugende Wirkung desselben mehr weniger geschwächt, indem die Luft von aussen einzudringen versucht. Ist einmal einer der Siphons durchbrochen, so werden die anderen alsdann geschützt, indem Luft durch diesen eintritt. Wenn nach Ablauf dieses Vorganges Ruhe eintritt, so kann jetzt die Luft der Leitungen ungehindert durch den gebrochenen Wasserverschluss in das Haus eindringen.

Andererseits wirkt das in der Fallröhre sich nach abwärts bewegende Wasser, wenn es deren Querschnitt erfüllt, comprimirend auf die im unteren Theile befindliche Luft, welche nicht entweichen kann, wenn sich unterhalb ein unterbrechender Wasserverschluss vorfindet, oder der Kanal, in welchen die Leitung mündet, vollfliesst. Die so zusammengepresste Luft macht sich alsdann durch die in den unteren Stockwerken eines Hauses befindlichen Wasserverschlüsse Bahn und bricht dieselben. Auf diese Weise werden plötzlich relativ grosse Mengen (mehrere Liter) übelriechender Luft in das Haus eingetrieben, der Wasserverschluss stellt sich aber meist wieder her, da das herausgeschleuderte Wasser zurückfliessen kann. Diesen Uebelständen abzuhelfen, muss

I. das Fallrohr frei über Dach offen münden;

II. soll jedes Fallrohr eine grössere Weite haben als die Rohre der an ihm sitzenden Wassersperren, oder

III. die Wasserverschlüsse müssen an irgend einer Stelle verengert werden, so dass das Volllaufen des Fallrohres nicht zu Stande kommen kann.[2])

Soweit Beobachtungen über den Gasdruck in den Sielen selbst reichen, ist derselbe bald etwas geringer, bald etwas stärker als der Atmosphärendruck; doch pflegt der Unterschied sehr gering zu sein: Burdon-

1) Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. XIV. S. 1.

2) Während des Druckes erschienen: Renk, Hygienische Tagesfragen. No. II. Die Kanalgase, deren hygien. Bedeutung und techn. Behandlung. München 1882.

Sanderson und Parkes fanden unter 23 Beobachtungen in Liverpool, dass in 15 Fällen der Druck im Kanal geringer war als der Luftdruck, in 8 Fällen dagegen umgekehrt. In London fand Sanderson im Allgemeinen einen etwas grösseren Gasdruck innerhalb der Kanäle als ausserhalb.[1]) Was die von Buchanan als Ursache einer Typhusepidemie in Worthing angeschuldigte Luft anbetrifft, welche während eines heftigen Regens durch die seichten Wasserverschlüsse der Klosets eindrang und von der ausserdem als etwas Auffallendes erwähnt wurde, dass sie kaum gerochen habe, so hat Pettenkofer schon längst darauf aufmerksam gemacht, dass dieselbe gar nicht aus dem Siele kam, sondern aus der Dachrinne: in Worthing ist nämlich die Einrichtung so getroffen, dass das Rohr vom Kloset und dasjenige von der Dachrinne sich in eines vereinigen, welches dann nach dem Siele führt; wenn nun durch die Dachrinne der Regen in heftigem Strome herabfliesst, so reisst er natürlich viel Luft mit und comprimirt sie wie ein Wassertrommelgebläse, und da ist es denn leicht denkbar, dass unter den angegebenen Verhältnissen ein Theil dieser Luft durch den Wasserverschluss in den Abtritt gepresst werden kann.[2])

Von vielen Seiten wird auch die Möglichkeit der Absorption der Kanalgase durch das in den Siphons befindliche Wasser mit darauffolgender Abgabe dieser Gase an die Wohnungsluft betont, wobei man sich auf die bekannten Versuche von Fergus[3]) in Glasgow stützt, der den Durchgang von Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Chlor, schwefeliger Säure u. s. w. durch Wasserklosetsiphons augenscheinlich gemacht hat. Diesen Versuchen geht jedoch in Bezug auf die vermeintliche Bedeutung der Sielluft als Verbreiterin specifischer Krankheitskeime jede Beweiskraft ab. Dass Gase durch Wasser absorbirt werden und durch dasselbe diffundiren, ist längst bekannt; es handelt sich aber im gegebenen Falle um die Quantität der auf diese Weise in die Häuser eintretenden Kanalgase und ferner darum, ob dieselben irgend eine Beziehung zu denjenigen Krankheiten haben, an deren Verbreitung sie Schuld sein sollen.

In quantitativer Hinsicht nun können die durch Siphons in die Wohnungen übergehenden Kanalgase schwerlich ins Gewicht fallen, denn 1. ist der Absorptionscoefficient des Wassers für die meisten derselben sehr gross, 2. wird das Wasser in den Siphons oft er-

---

1) Parkes, a. a. O. S. 349.

2) Pettenkofer, Bemerkungen zu Buchanan's Vortr. „on Prof. v. Pettenkofer's theory of the propagation of Cholera and enteric fever". Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. II. S. 170 u. flgde.

3) Fergus, The Sewage question with reference to traps and pipes. Glasgow 1874. Angef. bei Liernur, Ueber die Kanalisation von Städten auf getrenntem Wege. S. 82.

neuert und hat keine Zeit sich mit solchen Gasen zu sättigen, 3. ist offenbar die nach oben gerichtete Luftbewegung in den mit Wasserverschlüssen versehenen Abfallröhren äusserst gering, so dass mit den Wasseroberflächen in den Siphons nur sehr unbedeutende Luftmengen in Berührung kommen (Rózsahegyi).

Man könnte nun, von der jedenfalls richtigen Ansicht ausgehend, dass nicht die Gase an sich die Uebertragung von Infectionskrankheiten bewerkstelligen, sondern dass diese Rolle den Spaltpilzen zukomme, zum Schlusse gelangen, dass auch äusserst geringe Mengen dieser Pilze, einmal mit der Sielluft in den Wasserverschluss eingedrungen, Hausepidemien hervorzurufen im Stande seien. Doch liesse sich eine solche Behauptung nicht rechtfertigen, denn es ist durch Nägeli [1]) und Soyka [2]) hinreichend bewiesen, dass von in Ruhe befindlichen faulenden Flüssigkeiten bei unbewegter Luft keinerlei Organismen in die darüber befindliche Luft gelangen. Ueberhaupt sind die Gesetze der Diffusion der Gase auf die Verbreitung der Spaltpilze nicht anwendbar und die Versuche von Fergus und Anderen in dieser Beziehung werthlos.

Was das mit einer an Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit bewiesene Fehlen eines Causalzusammenhanges zwischen Abtrittgasen und Abdominaltyphus oder Cholera betrifft, so wollen wir uns hier mit dem Hinweis auf die bezüglichen Arbeiten Pettenkofer's und Anderer, die vorzugsweise in der Zeitschrift für Biologie niedergelegt sind, begnügen; namentlich sind es die Beobachtungen Port's [3]) in den Münchener Kasernen, welche jeden Gedanken an einen Einfluss der Abtritte und ihrer Ausdünstungen auf die Verbreitung der Cholera und des Typhus absolut zurückweisen. — Die von Fergus und Anderen behauptete Zunahme der Diphtherie im Zusammenhang mit der Einführung der Schwemmkanalisation ist von Soyka [4]) auf Grund statistischer Zahlen jedes Scheines von Wahrscheinlichkeit beraubt worden. Es genügt übrigens ein einfacher Ueberblick über die zeitliche und örtliche Verbreitung der Diphtherie an Orten, wo sie epidemisch auftritt, um sofort die Schwemmkanalisation als ätiologisches Moment für die Uebertragung des diphtheritischen Krankheitskeimes auszuschliessen. Die Anhänger der Kanalgastheorie können versichert sein, dass kein einziges der Dörfer in den südwestlichen Gouvernements Russlands, in welcher während der letzten Jahre die Diphtherie zeitweilig so furchtbar gewüthet hat, mit Schwemmkanälen versehen ist.

---

1) Nägeli, Die niederen Pilze. S. 108.

2) Sitzungsber. d. kgl. bayr. Acad. d. Wissensch. 1879.

3) Bericht üb. d. Cholera-Epidemie 1873/74 in d. Garnison München. Ztschr. f. Biol. XI. S. 483.

4) Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände. S. 55 bis 68. München 1880; Untersuchungen zur Kanalisation. Ztschr. f. Biol. XVII. S. 368; vgl. auch das Referat von Soyka, Ueber Kanalgase als Verbreiter epidemischer Krankheiten in der XIV. Versammlung des Deutschen Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege in Wien. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. 1881.

Nebst der raschen Strömung des Sielinhaltes und seiner grossen Verdünnung durch Wasser ist die Ventilation der Siele das sicherste Mittel die Luft derselben rein zu erhalten. Sie ist ebenso nothwendig wie der Luftwechsel in den Strassen. — Früher (auch jetzt noch bei den Pariser und Münchener Sielen) dienten allgemein die Mündungen der Strassenrinnen als wirksames Ventilationsmittel der Siele. Seit der Einführung der Schlammkasten jedoch, und des luftdichten Verschlusses in denselben, benutzt man zur Beförderung des Luftwechsels in den Kanälen die Einsteigeschächte, und um der an diesen Stellen austretenden Sielluft allen üblen Geruch zu nehmen, versieht man dieselben nach dem Vorgange Rawlinson's[1]) mit Kohlenfiltern.

Hierbei darf natürlich das Filter nicht direct in oder unter der Oeffnung des Schachtes gegen die Strasse hin angebracht werden, weil sonst darauf fallendes Tagwasser dasselbe bald unwirksam machen würde. Rawlinson hat daher das obere Ende des Schachtes theilweise erweitert und die Erweiterung, die sich ebenfalls nach der Strasse hin öffnet, durch eine Wand, in welcher sich das Filter befindet, vom Schacht getrennt. Der Schacht selbst ist mit einem ganzen Deckel von Gusseisen überdeckt; die Erweiterung dagegen besitzt einen durchlöcherten Deckel, durch welchen die Sielgase, nachdem sie das Filter passirt haben, auf die Strasse austreten können. Sollte Regenwasser in die Erweiterung gelangen, so kann es durch eine Seitenöffnung in das Siel abfliessen, ohne durch das Filter hindurchtreten zu müssen. Wenn die Kohle einige Zeit gedient hat, muss sie geglüht werden und kann dann abermals benutzt werden. Der Widerstand, den diese Filter der Luft entgegensetzen, ist sehr gross, so dass die Wirksamkeit der Ventilation durch dieselben bedeutend abgeschwächt wird. Früher verlangte Rawlinson auf 1 engl. Meile Kanallänge 9—18 Ventilationsschächte mit Kohlenfiltern; in neuerer Zeit jedoch empfiehlt er die letzteren nur für besondere Fälle und legt das Hauptgewicht auf einen reichlichen Zutritt frischer Luft zu den Kanälen.[2])

Eine andere, in neuerer Zeit vielfach angewandte Construction des Kohlenfilters ist von Latham[3]) empfohlen. Dieses Filter stellt eine doppelte Spirale dar, in welcher ein Gewinde (aus Drahtnetz) mit Kohle gefüllt ist, während das andere zum Ablauf des Strassenwassers in den Kanal dient.

Im Ganzen scheinen sich die Kohlenfilter in der Praxis nicht sehr bewährt zu haben oder vielmehr als überflüssig betrachtet zu zu werden: in Frankfurt und Danzig sind dieselben angeschafft, jedoch gar nicht oder nur in einzelnen Fällen benutzt worden; in

---

1) Siehe hierüber Bürkli, a. a. O. S. 218 und Kaftan, a. a. O. S. 141.

2) Virchow, Generalbericht. S. 146.

3) Kaftan, a. a. O. S. 139.

Berlin sind sie gar nicht zur Anwendung gekommen. In allen diesen Städten erzielt man die Ventilation der Siele nach den Strassen hin einfach dadurch, dass die Einsteigeschächte oder besondere Ventilationsschächte von kleinerem Durchmesser (Frankfurt), die an der Strassenoberfläche ausmünden, mit durchlöcherten Deckeln versehen werden. In Berlin dienen ausserdem auch die Strasseneinläufe der Ventilation, da sie nicht mit Wasserverschlüssen versehen sind.

Man hat zur Verstärkung der Luftbewegung in den Strassensielen zuweilen an Scheitelpunkten des Sielsystems besondere Ventilationsthürme mit Kohlenfeuerung errichtet, in der Hoffnung eine aspirirende Wirkung auf grössere Entfernungen hin ausüben zu können (London, Frankfurt a. M.). Versuche in London haben indessen gezeigt, dass ein solcher Ventilationsthurm die Luft in den Sielen nur mit einer Geschwindigkeit von 0.03 Meter in der Secunde in Bewegung setzen würde, während diese Luft ohne besondere Ventilation schon eine Geschwindigkeit von 0.5 Meter in der Secunde hat. Ausserdem würde in Folge der Reibung des Luftstromes an den Kanalwänden immer nur die Luft der unmittelbar an den Schlot anschliessenden Strassen- und Hausleitungen dem Feuerheerde zuströmen; auf die entfernteren Leitungen dagegen wäre die Wirkung des letzteren gleich Null.[1]) — Die Ventilation der Strassensiele durch Pulsion empfiehlt sich desshalb nicht, weil hierbei leicht in einzelnen Kanälen und Hausleitungen ein stärkerer Gasdruck entstehen und die Luft durch die Siphons in die Häuser getrieben werden könnte.

Ueberhaupt dürfte bei der starken Verzweigung und den zahlreichen Communicationen, die dem Sielsysteme eigen sind, die vorwiegende Centralisation der Ventilation an gewissen Punkten schwerlich besondere Vorzüge besitzen; man wird im Gegentheil eine befriedigende Lufterneuerung in allen Theilen des Systemes nur dann erreichen, wenn man durch künstliche Störung des Gleichgewichtes der Gase einen lebhaften Zug in jeder Kanalpartie und in jeder Hausleitung unabhängig von der anderen einleitet.

Ausser den Einsteige- und Ventilationsschächten der Strassen sucht man diesen Zweck gegenwärtig durch freie Communication der Strassensiele und Hausleitungen mit der atmosphärischen Luft bei jedem einzelnen Hause zu erreichen, indem man einerseits in der schon oben besprochenen Weise die Regenrohre der Vorderfronten direct durch Gabelrohre mit den Strassensielen verbindet, andererseits die sämmtlichen Abfallrohre der Häuser als

1) Kaftan, a. a. O. S. 139.

Dunstrohre bis über das Dach hinaus verlängert. Hierbei wird die Ventilation der Hausleitungen theilweise oder ganz von derjenigen der Strassenleitungen getrennt. Im letzteren Falle stehen nur die Regenröhren in directer Communication mit den Strassenkanälen, während die von den Sielen durch eine Klappe (Berlin) abgeschlossenen Hausleitungen durch die zahlreichen Abfallrohre ventilirt werden; bei nur theilweiser Abschliessung der Hausleitungen von der Strassenleitung, wo die Fallrohre der Klosets in freier Communication mit der letzteren belassen werden (Frankfurt a. M.), dienen auch diese Rohre der Ventilation der Siele. Es ist noch eine offene Frage, welcher von diesen beiden Modificationen der Vorzug gebührt, aber allgemein wird anerkannt, dass die Benutzung der Regen- und Abfallrohre zur Ventilation der Siele und Hausleitungen zweckentsprechend sei, und dass die früher vielfach gehegten Befürchtungen über Verunreinigung der Strassenluft durch das Ausströmen der Kanalgase aus zahlreichen Oeffnungen grundlos seien; die grosse Verdünnung durch die atmosphärische Luft macht diese Gase, die ja, wie wir oben sahen, an sich schon fast geruchlos sind, vollständig unmerkbar. Als allgemeine Regel für die Benutzung der Abfallrohre zur Ventilation muss aber die Vorschrift gelten, dieselben nicht nach oben enger werden zu lassen, sondern sie in gleicher Weite bis über das Dach zu führen. Wo die bauliche Einrichtung des Hauses es gestattet, kann das Abfallrohr in die Nähe eines Rauchrohres gelegt werden, wodurch die Luftströmung im ersteren befördert wird; auch das Anbringen besonderer Ventilatoren (Wolpert'sche Luftsauger) am oberen Ende des Abfallrohres ist empfohlen worden.

Von England und Amerika aus werden in neuerer Zeit immer wieder Stimmen laut, welche die Ventilation der Strassenkanäle von der Ventilation der Hausleitungen vollkommen getrennt wissen wollen und zu diesem Zwecke das Einschalten eines unterbrechenden Wasserverschlusses (disconnecting trap) in der Grundleitung vorschlagen. Damit aber in diesem Falle bei Leerung eines Klosets oder Ausgusses nicht durch heberartige Wirkung der Siphon eines benachbarten Klosets oder Ausgusses entleert, oder der Wasserverschluss desselben durch Ueberdruck comprimirter Luft gebrochen werde[1]), soll, abgesehen von dem bis über das Dach verlängerten

---

1) Vor diesem Brechen der siphonartigen Wasserverschlüsse soll auch die Verlängerung der Abfallrohre als Dunstrohre, nach Experimenten, die in Boston (Amerika) angestellt wurden, nicht immer schützen. Siehe hierüber die Schrift von Paul Gerhard, Anlagen von Hausentwässerungen nach Studien amerikanischer Verhältnisse. Berlin 1880.

Fallrohre, noch ein besonderes Ventilationsrohr angelegt werden, mit welchem alle Siphons durch eigene, in ihrem Scheitelpunkte angebrachte Röhrchen in Verbindung stehen, so dass eine selbstständige Ventilation des Raumes über dem Siphon in jedem Zweigrohre stattfindet. Dazu käme dann noch ein, ebenfalls in die Hausleitung mündendes, Zuleitungsrohr für frische Luft. Die Nothwendigkeit einer derartigen Ventilation der Hausleitungen wird auch durch die Untersuchungen Lissauer's sehr nahe gelegt.[2])

h. Schliesslicher Verbleib des Kanalwassers; verschiedene Reinigungsmethoden desselben.

Die Frage nach dem endlichen Verbleib des Kanalwassers wird allgemein als die schwache Seite der Schwemmkanalisation angesehen, und in der That ist es nicht leicht, eine in jeder Beziehung befriedigende Lösung derselben zu finden. Man darf übrigens nicht vergessen, dass die Schwierigkeit, eine geeignete Verwendung für die Kloakenflüssigkeit zu finden, durchaus nicht nur das Schwemmsielsystem betrifft, sondern ebenso gut auch bei den oben beschriebenen Methoden der Fäcalienabfuhr vorhanden ist. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass die Abfuhrmethoden, bei denen es sich nur um Beseitigung der menschlichen Excremente handelt, es mit relativ geringen Mengen von Unrathstoffen zu thun haben, während der Schwemmkanalisation, die alle städtischen Schmutzwasser berücksichtigt, eine viel weitere, aber auch schwieriger zu erfüllende Aufgabe zufällt. Die Verlegenheiten, welche durch die Frage nach dem endlichen Verbleibe des Sielinhaltes den kanalisirten Städten bereitet werden, sind noch dadurch künstlich vergrössert worden, dass man diese rein sanitäre Angelegenheit vielfach in ganz irriger Weise durch Beiziehung der sog. Interessen der Landwirthschaft verwirrt hat. Ausserdem wird eine allseitig befriedigende Lösung der Frage auch dadurch erschwert, dass bei dem gegenwärtigen Stande der wissenschaftlichen Forschung es nicht immer möglich ist, zwischen dem hygienisch Unschädlichen oder Zulässigen und dem Schädlichen oder Unzulässigen eine scharfe Grenze zu ziehen. Die Entscheidung, wie sie auch im gegebenen Falle lauten möge, hat desshalb immer nur einen relativen Werth; sie kann keine absolute, für alle Fälle gültige sein, sondern muss im Allgemeinen den Localverhältnissen angepasst werden. Bis jetzt übergibt man das Sielwasser entweder direct oder nach vorausgegangener Reinigung durch chemische Mittel, Filtration u. s. w. den Flüssen, oder man verwendet es zur Berieselung von Culturland.

1. Einleiten des Sielwassers in offene Wasserläufe; Flussverunreinigung.

Es ist bekannt, dass im Jugendstadium der Schwemmkanalisation, als das Augenmerk der englischen Städte vorzugsweise darauf

1) Lissauer berichtet, dass in Danzig bei allen neueren Anlagen von Hausleitungen in Communalgebäuden eine directe Ventilation der Wasserverschlüsse verlangt werde (a. a. O. S. 368). Vgl. auch Renk, Hygien. Tagesfragen. II. Cap. IV u. V.

gerichtet war, die Entfernung alles städtischen Unrathes, in Verbindung mit der Entwässerung des Baugrundes, auf möglichst bequeme Weise zu bewerkstelligen, das Einleiten des Sielwassers in die nächstgelegenen Wasserläufe allgemein practicirt wurde. Mit Hinsicht auf den von Alters her existirenden Gebrauch, die städtischen Abfallstoffe dem Wasser zu überliefern, war dies Verfahren auch ganz natürlich. Aber während vor dem Bestehen der Schwemmsiele ein grosser Theil der Schmutzwässer in den Boden versank, und auch der übrig bleibende Theil nicht auf einmal, sondern allmählich und an zahlreichen Stellen vertheilt in die Flüsse gelangte, führten nun die Siele grosse Schmutzwassermassen in constantem Strome den Wasserläufen zu, so dass bald aus zahlreichen Gegenden Englands Klagen über Flussverunreinigung ertönten. Wo die Schwemmsiele innerhalb der betreffenden Städte in die Flüsse mündeten, hatten diese Städte selbst unter den Folgezuständen zu leiden; wo die Einleitung des Kloakeninhaltes unterhalb der Städte erfolgte, war zwar dieser Uebelstand vermieden, aber die weiter flussabwärts gelegenen Orte hatten nichtsdestoweniger die Unannehmlichkeiten der Flussverunreinigung zu ertragen.

Am meisten machten sich die nachtheiligen Folgen des directen Einleitens der Cloakenflüssigkeit in offene Wasserläufe in London geltend, wo zur Zeit der Fluth der Unrath sich in der Themse aufstaute und nun während der Ebbe an den blossgelegten Ufern des Flusses liegen blieb, in unerträglicher Weise die Luft verpestend. Das Themsewasser war so sehr verunreinigt, dass im Sommer 1855 nach der Angabe Faraday's selbst ganz weisse Körper, die er im Flusse langsam untersinken liess, trotz des hellsten Sonnenscheins schon einen Zoll unterhalb der Wasserfläche nicht mehr sichtbar waren.[1]) Aehnliche Zustände, in mehr oder weniger hohem Grade, machten sich auch an anderen Orten Englands geltend, so dass im Jahre 1865 eine Commission ernannt wurde mit der Aufgabe, die Ursachen zu erforschen, welchen die Verunreinigung der Flüsse zuzuschreiben sei, und Mittel und Wege anzugeben, wie man derselben am wirksamsten entgegentreten und die durch den Kanalinhalt der Städte hervorgerufenen Uebelstände beseitigen könne. Die Berichte dieser Commission[2]) warfen ein grelles Licht auf die Zustände der englischen

---

1) Pettenkofer, Ist das Trinkwasser Quelle von Typhusepidemien? Ztschr. f. Biol. X. S. 498.

2) Die ersten Berichte der Commission, deren ursprüngliche Mitglieder im Jahre 1868 durch andere ersetzt wurden, sind ins Deutsche übersetzt von O. Reich. Berlin 1871. Ausserdem sind sie abgedruckt in Anhang I u. II zu: Reinigung und Entwässerung Berlins, und eingehend von Reich besprochen in der Deutschen Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. III u. IV. 1871 u. 1872 (Reports of the Commissioners appointed in 1868 to inquire into the best means of preventing the pollution of rivers. London 1870 u. 1871).

Flüsse, namentlich in den Provinzen Yorkshire und Lancashire; sie zeigten, dass eine grosse Zahl derselben (Irwell, Irk, Medlock, Mersey, Ribble, Bradford-Beck) sich in noch schlimmerem Zustande befanden als die Themse. Zugleich aber stellte sich unzweifelhaft heraus, dass die wirklich ans Unglaubliche grenzende Verunreinigung dieser Flüsse weniger vom Inhalte der städtischen Cloaken als von den mannigfaltigen Abgängen der in hohem Grade entwickelten Fabrikindustrie herrühre. So z. B. nimmt der Bradford-Beck, ausser den Auswurfsstoffen von 140000 Einwohnern und den Küchenwässern der Stadtbevölkerung, die Abwasser von 168 Garn- und Wollenfabriken, 94 Tuchfabriken, 35 Färbereien, 7 Gelatinefabriken, 10 chemischen Fabriken, 10 Kattunfabriken, 3 Gerbereien und 3 Fettextractionsfabriken auf. Dementsprechend schildert die Commission den Bradford-Beck als einen trüben, schwarzen, widerwärtigen Strom, der schon oberhalb der Kanalmündung übelriechende Gase ausstosse und dem Ansehen nach sich kaum von Cloakenwasser unterscheide. Die wichtigsten Veränderungen, welche das Wasser dieses Flusses in seiner chemischen Zusammensetzung beim Durchgange durch die Stadt erleidet, sind in folgender Tabelle angeführt [1]) (die Zahlen bedeuten die in 100000 Theilen Wasser enthaltene Menge der einzelnen Bestandtheile):

	Flusswasser oberhalb der Stadt	Flusswasser unterhalb der Stadt
Gelöste Bestandtheile überhaupt	44.0	75.5
Organischer Kohlenstoff	0.349	4.024
Organischer Stickstoff	0.081	0.392
Ammoniak	0.105	1.220
Stickstoff in Form von Nitriten und Nitraten	0.268	0
Chlor	1.87	5.45
Suspendirte Stoffe, organische	Spuren	36.05
„ „ anorganische	„	15.95
Härte, temporäre	1.34	10.76
„ permanente	10.46	13.75
„ gesammte	11.86	24.51
Temperatur	13.8° Cels.	30.5° Cels.

Die Veränderungen, welche das Wasser des Flüsschens Irwell während seines Durchflusses durch die Stadt Manchester erleidet, drücken sich in folgenden Zahlen aus [2]):

1) Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IV. S. 412.

2) Third Report of the Commissioners u. s. w. Dtsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IV. S. 414. — Die Commission fügt diesen Zahlen bei, dass der Irwell, bis er unterhalb Manchester ankommt, schon die Abwasser einer Bevölkerung von der Dichtigkeit von 7000 Seelen pro deutsche Quadratmeile aufnimmt, während der Bradford-Beck bis unterhalb Bradford ein Entwässerungsgebiet mit einer Bevölkerungsdichtigkeit von 22,000 Seelen pro Quadratmeile durchströmt.

	Flusswasser nahe am Ursprung	Flusswasser unterhalb Manchester
Gesammtgehalt an gelösten Stoffen	7.80	50.75
Organischer Kohlenstoff	0.187	1.892
Organischer Stickstoff	0.025	0.264
Ammoniak	0.004	0.371
Stickstoff in Form von Nitriten und Nitraten	0.021	0.177
Chlor	1.15	8.73
Suspendirte Stoffe, organische	0	2.06
„ „ anorganische	0	2.10

In Frankreich hat man ähnliche Erfahrungen gemacht. Die Verunreinigung der Seine unterhalb Paris durch den Inhalt der grossen Sammelkanäle und das Abwasser der Poudrettefabrik von Bondy hatte in den sechziger Jahren einen so hohen Grad erreicht, dass durch zwei Ministerialdecrete, in den Jahren 1870 und 1875, der Stadt Paris vorgeschrieben wurde, das Seinebett von den abgelagerten Schlammmassen zu reinigen, ihr Kloakenwasser zur Berieselung zu verwenden und durch einen hinlänglich permeablen Boden zu filtriren.[1])

Nach den Analysen Gérardin's war die Menge des noch nicht in Ammoniak oder Nitrate verwandelten, sog. „organischen" Stickstoffs im Seinewasser oberhalb der Einmündung des grossen Collectors von Clichy nur 0.85 Grm. im Cbm., unterhalb derselben dagegen 1.50; etwas weiter unten, nach Einmündung des nördlichen Hauptkanals bei St. Denis, stieg die Menge des organischen Stickstoffs plötzlich auf 7.27 Grm. im Cbm., betrug in Epinay (2 Kilometer weiter unten) noch 1.26 Grm. und war erst in Meulan (63 Kilom. weiter unten) auf 0.40 Grm. reducirt.[2]) Von Clichy ab verschwinden Fische, Mollusken und grüne Wasserpflanzen[3])

1) Note du Directeur des travaux de Paris etc. p. 74.

2) Angeführt von Finkelnburg, Die Entpestung der Seine durch die Berieselungsanlagen zu Gennevilliers bei Paris. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IX. S. 434. — Siehe auch: Gérardin, Altération de la Seine en 1874—1875. Annales d'hygiène publique. 2. Série. Tome 47. p. 87. Sodann den früheren Aufsatz desselben Verfassers: Altération, corruption et assainissement des rivières. Annales d'hyg. publ. 2. série. tome 43. p. 6.

3) Gérardin schreibt in seiner, von der Academie der Wissenschaften 1874 gekrönten Preisschrift der Beobachtung der grünenden Pflanzen und der Wassermollusken, sowie der mikroskopischen Untersuchung der Algen und Infusorien, neben der Gehaltsbestimmung an absorbirtem Sauerstoff, eine wesentliche Bedeutung für die Erkennung und Schätzung des Verunreinigungsgrades der Gewässer zu. Es wäre wichtig, eine Bestätigung dieser Angaben Gérardin's auch von anderer Seite zu hören, umsomehr, als offenbar die Bestimmung der Salpetersäure, auf die man sich bis in die neueste Zeit so häufig stützte, für die Fest-

in der rechten Stromhälfte, von St. Denis ab im ganzen Strome, und die Station ihres Wiederauftretens ist seit 1861 immer weiter stromabwärts gerückt. Am 10. Juni 1874 musste man in Marly (21 Kilom. unterhalb St. Denis) 80 Hectoliter Fischleichen bei Seite bringen und vergraben lassen. Auf dieser ganzen Strecke stellte die Seine nur eine grosse Cloake dar, deren Flüssigkeit stets mit Schaum bedeckt war und allenthalben grosse Gasblasen aufsteigen liess. Eine Analyse der letzteren ergab folgende Bestandtheile:

Leichter Kohlenwasserstoff	72.88 %
Kohlensäure	13.30 „
Kohlenoxydgas	2.54 „
Schwefelwasserstoff	6.70 „
Stickstoff und andere Gase	4.58 „
Sauerstoff	0

In Deutschland sind die Klagen über Flussverunreinigung durch die städtischen Abwässer im Allgemeinen sehr mässig, vermuthlich in Folge der relativ bedeutenden Wassermenge der meisten Flüsse, an denen die grösseren deutschen Städte liegen.

Nach Brunner und Emmerich[1]) lässt sich die Gesammtverunreinigung, welche jener Theil des Isarwassers erleidet, der die inneren und äusseren Stadttheile Münchens durchspült, folgendermaassen ausdrücken:

der Gesammtrückstand nimmt zu um . . .	11.8	Mgrm.	im	Liter
der Lösungsrückstand[2])	8.3	„	„	„
die Kohlensäure	2.1	„	„	„
das Chlor	1.7	„	„	„
die Salpetersäure	0	„	„	„
die organische Substanz	19.7	„	„	„
die suspendirten Stoffe	8.4	„	„	„

Dieser geringe Effect wird hervorgebracht durch die grosse Anzahl von Abwasserleitungen aus den unmittelbar an Bächen gelegenen Häusern, durch die Excremente aus 500—600 Abtritten, durch das Abwasser der Fabriken und endlich durch die Sielflüssigkeit der kanalisirten Stadttheile.

Die Uebelstände, die sich in Frankfurt a. M. in Folge der Einleitung des Sielwassers der Stadt in den Mainfluss geltend machen, sind zwar im Vergleich mit englischen Beispielen von Flussveruneinigung äusserst gering, dürfen aber doch vom Standpunkte der öffentlichen Gesundheitspflege aus nicht ignorirt werden, da noch in dem 3½ Kilometer unterhalb der Einmündung des Kanales in den Main gelegenen Dorfe Griesheim sich die Verunreinigung des Flusses fühlbar macht durch die Un-

stellung des Verunreinigungsgrades eines Flusses, wenigstens bei frisch erfolgter Verunreinigung, keinen Werth zu haben scheint (Brunner u. Emmerich, Die chemischen Veränderungen des Isarwassers während seines Laufes durch München. Ztschr. f. Biol. XIV. S. 190 u. flgde.).

1) Ztschr. f. Biol. XIV. S. 235.

2) „Lösungsrückstand" nennen die Autoren die in kohlensäurefreiem, destillirtem Wasser wieder löslichen Bestandtheile des Rückstandes.

möglichkeit, in demselben zu baden, mit seinem Wasser das Vieh zu tränken oder Wäsche zu reinigen; in der That sind sogar in dieser Entfernung von der Einmündung des Sieles noch ab und zu schwimmende Kothballen, Papierreste u. dgl. sichtbar und am Uferrande ist der Sand unter einer gelben Deckschicht durch schwarzen Schlamm gefärbt.[1])

Bei den in Sachsen gemachten Erhebungen über Flussverunreinigung hat sich nach den Angaben Günther's[2]) herausgestellt, dass in weitaus den meisten Fällen nicht das Einleiten menschlicher Excremente in die Flüsse zu Klagen Veranlassung gegeben hat, sondern meistens die Verunreinigung der Wasserläufe durch Industrieabfälle: auf die Textilindustrie (Färberei, Bleicherei und Wollmanufactur) kommen 50% aller Fälle, auf Papierfabrikation 9%, Gerbereien 8%, Bergbau 8%, Brauereien u. dgl. 6%, Industrie der Heiz- und Leuchtstoffe 4%, chemische Industrie 2% u. s. w.; in 7% der Fälle sind die städtischen Siele als Quelle der Verunreinigung angegeben worden, jedoch grösstentheils nur in der Reihe anderer Factoren.

Dass in der That die Abwässer zahlreicher gewerblicher und Fabrikanlagen ihrer Zusammensetzung nach viel geeigneter sind, den Flüssen fäulnissfähige organische Substanzen zuzuführen als ein nur Fäcalien und Hauswässer u. s. w. enthaltendes Kanalwasser, ist aus der umstehenden Zusammenstellung ersichtlich.

Es unterliegt also keinem Zweifel, dass die Sielwässer der Städte nicht nur eine viel weniger concentrirte Lösung anorganischer und organischer Substanzen darstellen als die Abwässer vieler Fabriken, sondern dass sie auch sehr bedeutend weniger suspendirte Beimischungen, sowohl anorganischen als auch organischen Ursprungs enthalten.

Es ist vielfach die Ansicht verbreitet, die Flüsse würden bedeutend weniger durch das Kanalwasser verunreinigt, wenn man die Excremente von den Sielen fernhielte und sie auf dem Wege der Abfuhr aus den Städten entfernte. Diese Vermuthung wird durch die vorhandenen Analysen nur zum Theil bestätigt: es ist nämlich allerdings die Quantität der suspendirten Bestandtheile in Sielwasser, welches keinen directen Zufluss aus den Abtritten erhält, bedeutend geringer als in solchem, welches den Inhalt von Wasserklosets oder die Flüssigkeit aus Separirtonnen aufnimmt; aber die Menge der gelösten Stoffe pflegt in Sielen ohne directe Verbindung mit Abtritten nicht nur nicht geringer, sondern sogar grösser zu sein als in den Sielen der Wasserklosetstädte.

---

1) Münchener Berichte. Beil. VII z. III. Ber. S. 6.

2) Angef. von Pettenkofer. Münchener Berichte. IV. S. 23. — Siehe auch Ber. d. Ausschusses über die 5. Vers. d. Deutsch. Ver. f. öffentl. Gesundheitspflege in Nürnberg. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. X. S. 106.

In 100000 Theilen sind enthalten:

	Gelöste Bestandtheile						Suspendirte Stoffe		
	Gesammt-Gehalt an lösl. Stoffen	Organischer Stickstoff	Ammoniak	Stickstoff in Form v. Nitriten u. Nitraten	Gesammtgehalt an chem. gebundenem Stickstoff	Chlor	Anorganische	Organische	Gesammtgehalt
Kanalwasser in England[1]) (Durchnitt)	72.2	2.205	6.703	0.003	7.728	10.66	24.18	20.51	44.69
Kanalwasser in Danzig[2])	68.3	1.16	6.46	0.00	6.48	6.97	22.6	35.6	58.2
„ „ Paris[3]) .	98.0	—	—	—	2.1	—	132.1	49.8	181.9
Kanalwasser in Zürich[4]) (grosse Stadt)	48.5	—	—	—	13.3	2.5	4.6	10.3	14.9
Kanalwasser in Zürich (kleine Stadt)	82.2	—	—	—	8.2	1.3	0.9	9.1	10.0
Abwässer aus einer Deckenfabrik[5]) . . .	678.0	19.51	0.94	0.00	20.28	35.6	60.4	314.2	374.6
Abwässer aus 15 Wollenfabriken[6]) (Durchschn.)	337.0	10.38	11.647	0.041	20.015	21.94	102.4	372.4	474.8
Abwässer aus einer Flanellwäsche[7])	1248.0	91.185	80.012	0.00	157.08	160.0	346.0	1733.4	2079.4

In folgender Tabelle, welche dem 1. Bericht der englischen Flussverunreinigungscommission entnommen ist[8]), bedeuten die Zahlen die Menge der Bestandtheile in 100000 Theilen Wasser:

	Gelöste Bestandtheile							Suspend. Bestandtheile		
	Gesammtmenge an gelöst. Stoffen	Organischer Kohlenstoff	Organischer Stickstoff	Ammoniak	Stickstoff in Form v. Nitriten u. Nitraten	Gesammtgehalt an chem. gebundenem Stickstoff	Chlor	Anorganische	Organische	Gesammtgehalt
Kanalwasser. Durchschn. von 15 Abfuhrstädten .	82.4	4.181	1.975	5.435	0	6.451	11.54	17.81	21.30	39.11
Kanalwasser. Durchschn. aus 16 Wasserklosetstädten	72.2	4.696	2.205	6.703	0.003	7.728	10.66	24.18	20.51	44.69

1) First Report of the Commissioners etc. Uebers. v. Reich. 1871. S. 62.
2) Lissauer, Ueber die Resultate einer mit dem Inhalt englischer Schwemmkanäle ausgeführten Berieselung. D. Vrtljhrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. VII. S. 728.
3) Bürkli, Bericht an den Stadtrath von Zürich über den Besuch einer Anzahl Berieselungsanlagen in England und Paris. S. 40. 1875.
4) Daselbst (nach Analysen von Abeljanz).
5) Third Report of the Commissioners etc. Ref. v. Reich in Dtsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IV. S. 416.
6) Ebenda. 7) Ebenda.
8) First Report of the Commissioners etc., übers. v. Reich. S. 56 u. flgde.

Ein ähnliches Resultat ergibt der von Pettenkofer[1]) angestellte Vergleich zwischen der Zusammensetzung des Kanalwassers von Rugby, einer mit Wasserklosets versehenen Stadt, und desjenigen von München, wo bekanntlich das Einleiten von Fäcalien in die Siele polizeilich untersagt ist. Die Zahlen bedeuten Milligramm in 1 Liter:

	Rugby	München
Unorganische gelöste Stoffe . . .	643	361
„ suspendirte Stoffe . .	708	40
	1351	401
Organische gelöste Stoffe	151	189
„ suspendirte Stoffe . . .	519	80
	670	269

Den grossen Gehalt des Münchener Sielwassers an gelösten organischen Substanzen erklärt Pettenkofer damit, dass sehr wahrscheinlich, trotz des Verbotes, namentlich nächtlicherweile, eine ziemliche Menge von Abtrittstoffen, und zwar im Zustande vorgeschrittener Zersetzung, in die Siele gelange. Diese Vermuthung hat auch durch Beobachtungen an anderen Orten Bestätigung gefunden. Ueberhaupt muss als feststehend betrachtet werden, dass beim Vorhandensein eines Sielsystems die Fäcalien, trotz gesetzlicher Verbote, niemals ganz von den Kanälen fern gehalten werden können, ein Umstand, der nicht ohne practische Bedeutung ist für Diejenigen, welche zwar den Nutzen städtischer Entwässerungsanlagen anerkennen, aber das Einleiten der Excremente in die Siele perhorresciren.

Dass bei Abwesenheit von Wasserklosets die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Fäcalien, insoweit sie den Strassensielen zufliessen, im Zustande grösserer Zersetzung in dieselben gelangen, als bei vollkommener Schwemmkanalisation, scheint auch aus den in Zürich vorgenommenen Analysen hervorzugehen, wo die festen Fäcalien in Tonnen zurückgehalten werden, während der Harn in die Siele abläuft. Abeljauz[2]) fand nämlich am 3. Nov. 1874 in 100000 Theilen des Züricher Kanalwassers 12.20 resp. 7.28 Theile Stickstoff in Form von Nitriten und Nitraten, während nach den weiter oben angeführten Zahlen das Sielwasser eigentlicher Schwemmkanalisationsstädte keine oder nur äusserst wenig Nitrite und Nitrate enthält.

Eine stattgehabte Verunreinigung des Flusswassers durch städtische Abfälle vermindert sich und verschwindet unter günstigen Verhältnissen allmählich in Folge von Processen, die man unter dem Begriff „Selbstreinigung der Flüsse“ zusammenfasst. Diese

1) Das Kanal- oder Sielsystem in München. S. 13; siehe Berichtigung hierzu in den Verhandlungen und Arbeiten der Münchener Commission. II. S. 141.

2) Bürkli, Bericht u. s. w. S. 165.

Selbstreinigung des Flusswassers kann durch die Concurrenz folgender Momente zu Stande kommen: 1. durch Aufnahme reiner Zuflüsse resp. Verdünnung der unreinen Bestandtheile; 2. durch chemische Processe, die unter dem Einflusse des Luftsauerstoffs und niedriger Organismen, vielleicht auch unter Beihilfe der Wasserpflanzen, vor sich gehen; 3. durch Ablagerung der Sinkstoffe, in Form von Schlamm, auf dem Boden des Flussbettes und an den Ufern.

Die selbstreinigende Kraft der Flüsse wurde, je nach den persönlichen Neigungen der Autoren, theilweise vielfach übertrieben, theilweise unterschätzt. Sehr energisch wurde sie im Interesse der Londoner Wasserversorgungscompagnien vertheidigt von Letheby[1]), welcher angab, dass der Kanalinhalt, mit dem zwanzigfachen seines Volumens an Flusswasser gemischt, vollständig verschwinde, wenn der Fluss ungefähr 20 englische Meilen zurückgelegt habe. Dieser Anschauung wurde jedoch durch die englische „river pollution Commission" widersprochen, welche sowohl durch die Analyse des an mehreren Stellen eines und desselben Stromlaufes entnommenen Wassers, als auch durch Experimente im Laboratorium zu der Ueberzeugung gelangte, dass selbst bei warmem Wetter die Oxydation der organischen Substanzen im Flusswasser nur sehr langsam vor sich gehe, so dass, nach dem Ausdrucke der Commission, es in ganz Grossbritannien keinen Fluss gäbe, der lang genug wäre, um die vollständige Zersetzung des Kanalinhaltes durch Oxydations- und Reductionsprocesse herbeizuführen. Die Commission machte ferner darauf aufmerksam, dass die von Letheby gerühmte, rasche Reinigung der Flüsse eben nur eine scheinbare sei, indem in Folge des allmählichen Niedersinkens der suspendirten Stoffe das Wasser allerdings nach kurzem Laufe verhältnissmässig rein erscheine, dass aber der auf dem Grunde der Flüssc abgelagerte Schlamm eine beständige Quelle der Verunreinigung bilde, da im Sommer, beim Sinken des Wasserspiegels, die Fäulnissprocesse in diesem Schlamme sich erneuern. — Immerhin gibt die erwähnte Commission eine allmähliche und theilweise Reinigung des durch Kanalinhalt verdorbenen Wassers zu: unter Bildung und Vermehrung niedriger Organismen und unter Sauerstoffaufnahme werden die organischen Substanzen mineralisirt, Schwefelsäure und Eisenoxyd zu Schwefeleisen reducirt; Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Ammoniak entweichen in die Luft, und ein dunkelgrüner, schwärzlicher Schlamm aus Schwefeleisen, Kalk, Magnesia und Phosphorsäure, theilweise unveränderte organische Substanz einhüllend, fällt zu Boden, so dass schliesslich ein weiches, wenig riechendes Wasser übrig bleibt. — Aehnliche Beobachtungen hat A. Müller an dem fauligen Inhalt der Berliner Rinnsteine gemacht.[2]) — Hawksley berichtet, dass der Fluss Trent, der in seinem Laufe, ehe er Nottingham erreicht, das Kanalwasser von zwei Millionen Menschen aufnimmt (180—227 Mill. Liter täglich), dennoch bei der genannten Stadt ein klares, wohlschmeckendes,

1) Angeführt in: First report of the Commissioners etc., übers. v. Reich.
2) Reinigung und Entwässerung Berlins. XII. S. 598 u. flgde.

chemisch reines Wasser besitze.[1]) — Aehnliche Beobachtungen über rasche und vollkommene Reinigung der Flüsse unterhalb volkreicher Städte werden aus Amerika berichtet.[2]) Doch beziehen sich diese Angaben meist auf Flüsse, bei denen eine Verdünnung des Kanalwassers mit grossen Wassermassen stattfindet, und ausserdem gewähren die mitgetheilten Analysen keine einheitliche Grundlage zur Beurtheilung der dortigen Verhältnisse.

Um der Frage der Selbstreinigung der Flüsse eine wissenschaftliche Grundlage zu geben, und um die Beurtheilung der hierüber veröffentlichten Analysen von subjectiven Anschauungen unabhängig zu machen, müsste man in jedem einzelnen Falle möglichst genaue Angaben besitzen über die Quantität und Qualität des den Fluss verunreinigenden Sielwassers, die Wassermenge und Strömungsgeschwindigkeit des betreffenden Flusses, die Menge und Beschaffenheit des auf seinem Grunde abgelagerten Schlammes, die Grösse und Beschaffenheit der Zuflüsse unterhalb der Einmündung der Siele u. dgl. Bei Abwesenheit solchen Materials geht den Angaben der Autoren jede allgemeine Bedeutung ab, da es absolut unthunlich ist, die an einem Orte gewonnenen Resultate auf andere Verhältnisse zu übertragen, wenn die Umstände, unter welchen die Beobachtungen gemacht worden sind, unbekannt bleiben. Unter diesem Vorbehalte sind also alle obengenannten Zahlen aufzunehmen. — Recht brauchbare Angaben besitzen wir über die Selbstreinigung der Seine unterhalb Paris.

Der Fluss liefert beim niedrigsten Wasserstande 45 Cbm. in der Secunde; die beiden Collectoren von Clichy und St. Denis ergiessen in die Seine eine Kanalwassermenge von etwa 300000 Cbm. täglich d. h. 3.5 Cbm. in der Secunde, so dass sich die Menge des Flusswassers zur Quantität des verunreinigenden Cloakenwassers verhält wie 13 : 1; der einzige grössere Wasserlauf, den die Seine nicht sehr weit unterhalb Paris (71 Kilom.) aufnimmt, ist die Oise; als Maassstab des Vorganges der Selbstreinigung des Flusswassers wurde von Gérardin, dem wir die betreffenden Mittheilungen verdanken, der Sauerstoffgehalt des Wassers, sowie die Menge des durch die Zersetzung organischer Stoffe absorbirten Sauerstoffs angenommen.[3])

1) Rede bei der Jahresversammlung der Gesellschaft für Socialwissenschaft am 16. Oct. 1876 in Liverpool. Angef. bei Soyka, Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände. S. 29.

2) Annual Report of the State board of health of Massachusetts. IV. 1873. VII. 1876 u. VIII. 1877. Ref. v. Baumeister in Dtsch. Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. VII. S. 487 u. X. S. 574.

3) Angef. von Finkelnburg, Die Entpestung der Seine u. s. w. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IX. S. 434. Siehe auch den Aufsatz Gérardin's in Annales d'hyg. publ. 2. série. t. 47. p. 87.

Ort der Wasserabnahme	Entfernung vom Pont de la Tournelle in Paris in Kilometer	Mittlerer Sauerstoffgehalt auf 1 Lit. Wasser	Menge des absorbirten Sauerstoffs, der Normalgehalt in 1 Lit. Wasser auf 10 Ccm. angenommen
Pont d'Ivry	6 (oberhalb)	9.50 Ccm.	0.50 Ccm.
Pont de la Tournelle	0	8.05 „	1.95 „
Brücke zu Asnières	23 (unterhalb)	5.34 „	4.66 „
Brücke zu Clichy (unterhalb der Einmündung des grossen Collectors)	24	4.60 „	5.40 „
Brücke zu St. Denis	28	2.65 „	7.35 „
La Briche (unterhalb der Einmündung des nördl. Collectors und des Abflusses aus der Voirie v. Bondy)	30	1.02 „	8.98 „
Epinay	31	1.02 „	8.95 „
Brücke zu Argenteuil	35	1.05 „	8.55 „
Pont de Chatou	45	1.54 „	8.39 „
Brücke zu Poissy (unterhalb der Einmündung der Oise)	78	6.12 „	3.88 „
Brücke zu Meulan	93	8.17 „	1.83 „
Mantes	109	8.96 „	1.04 „

Also erst etwa 70 Kilom. unterhalb der Einmündung der Collectoren, und ausserdem mit Hilfe der Wassermassen der Oise, erreicht die Seine wieder denjenigen Grad von Reinheit, den sie beim Eintritt in die Stadt Paris besitzt. Dazu kommt noch, dass ein grosser Theil der dem Flusswasser zugeführten organischen Substanzen nicht durch Zersetzung beseitigt, sondern als eine Schlammschicht von stellenweise 2—3 Meter Höhe im Flussbett abgelagert wird und von Zeit zu Zeit mit grossen Kosten entfernt werden muss: nach den Angaben von Durand-Claye[1]) werden jährlich durch das Schifffahrtsamt 60000—88000 Cbm. Schlamm mit einem Kostenaufwand von gegen 200000 Frcs. ausgebaggert; doch soll durch diese Baggerungen nur eine ungenügende Reinigung des Flussbettes erzielt werden. Solche Schlammablagerungen finden überall statt, wo grössere Massen von Cloakeninhalt Flüssen von relativ geringer Stromgeschwindigkeit zugeführt werden. Aber auch stark fliessende, bedeutende Ströme entgehen auf die Dauer diesem Schicksal nicht, wie das Beispiel von Wien beweist, wo nach Avigdor[2]) das ganze Donaubett sich bei niedrigem Wasserstande mit einer Schicht von schwarzem Schlamm aus den Wiener Cloaken überzieht, der dann

1) Durand-Claye, Assainissement de la Seine. Annales d'hyg. publ. t. 44. 1875. p. 242. Uebers. in Anhang III zu: Reinigung und Entwässerung Berlins.
2) Avigdor, Das Wohlsein der Menschen in Grossstädten. S. 142.

bis zu einem grossen Hochwasser liegen bleibt. Die Beschaffenheit dieses Schlammes wurde in Bezug auf die Flüsse Irk, Irwell und Medlock von Frankland untersucht; den Schlamm der Münchener Stadtbäche analysirte Wolffhügel und erhielt ähnliche Resultate wie Frankland.

In 1000 Grm. Schlamm wurde gefunden: a) in kaltem Wasser löslich; 13.11 bis 62.3 Grm. Gesammtrückstand, 4.54 bis 24.4 Grm. Glühverlust, 9.81 bis 37.78 Grm. org. Substanz, 0.90 bis 7.18 Grm. Chlor, 0.81 bis 3.69 Grm. Salpetersäure; b) in kaltem Wasser unlöslich: 77.41 bis 139.73 Grm. Glühverlust, 1.33 bis 2.75 Grm. Stickstoff.[1])

Was die Verunreinigung des Bodens der Flussbette durch die über demselben abgelagerten Schlammmassen betrifft, so steht dieselbe für die Münchener Stadtbäche, nach einer Zusammenstellung Pettenkofer's[2]), in der Mitte zwischen der in München von Wolffhügel bestimmten Boden-Verunreinigung durch die Siele einerseits und durch Abtrittgruben andererseits.

Es entsteht nun die Frage, wie hat sich die Gesundheitslehre der Einleitung des städtischen Sielwassers in die Flüsse gegenüber zu verhalten? Ist die dadurch entstehende Verunreinigung des Flusswassers als absolut schädlich für die öffentliche Gesundheit zu betrachten? Muss danach gestrebt werden die Cloakenwässer der Städte unter allen Umständen von den Flüssen fernzuhalten, oder ist die Einleitung des Sielwassers in offene Wasserläufe unter gewissen Verhältnissen zulässig?

Der über diese Fragen vorzugsweise in England und Deutschland entbrannte Streit, die grossen Meinungsverschiedenheiten, welche sich hierbei geltend machten, das Material, das von den verschiedenen Parteien zur Begründung ihrer Ansichten herbeigezogen wurde, erwecken in dem vorurtheilsfreien Beobachter die Ueberzeugung, dass es an einer streng wissenschaftlichen Grundlage zu exacter Lösung der angezogenen Fragen der Zeit noch fehle, und dass desshalb eine kategorische Entscheidung derselben vor der Hand nicht möglich sei.

Vom sanitären Standpunkte aus müsste man sich entschieden gegen jede vermeidbare Verunreinigung des Flusswassers und also speciell gegen seine Verunreinigung durch Sielwasser aussprechen, wenn bewiesen wäre, oder auch nur mit grosser Wahrscheinlichkeit vermuthet werden könnte, dass Wasser, dem irgendwo in seinem Laufe Fäcalmassen beigemengt waren, bei seinem Gebrauche zum Trinken oder überhaupt im Hause, als Nutzwasser, gesundheitsge-

---

1) Ztschr. f. Biol. XIV. S. 245.

2) Pettenkofer, Vorträge über Kanalisation und Abfuhr. S. 142 u. flgde.

fährlich ist, indem es entweder als Träger specifischer Krankheitskeime erscheint oder sonst irgendwie der Gesundheit Schaden zufügt.

Was nun die active Rolle betrifft, die von vielen Seiten dem Trinkwasser in der Aetiologie von Darmtyphus und Cholera zugeschrieben wird, indem man eine directe Verbreitung der betreffenden Krankheitsgifte durch mit Excrementen verunreinigtes Wasser annimmt, so wurde schon weiter oben angedeutet, dass bei dem gegenwärtigen Stande der ätiologischen Forschung diese Ansicht wenig Wahrscheinliches hat. Die Casuistik, auf welche sich die Vertreter derselben stützen, ist der Art, dass alle zu Gunsten der sog. „Trinkwassertheorie" angeführten Fälle bei strenger Analyse der sie begleitenden Umstände ihre anscheinende Beweiskraft einbüssen und dass die Verbreitung der Krankheit sich viel ungezwungener durch den Einfluss der zeitlichen und örtlichen Disposition des Bodens, als durch verunreinigtes Trinkwasser erklären lässt.[1]) Viel wichtiger ist in dieser Beziehung die Rolle, welche das Wasser als Brauch- und Nutzwasser in der Wirthschaft spielt, worauf Pettenkofer vielfach aufmerksam gemacht hat; doch kann es auch als solches in der Typhus- und Choleraätiologie nur in Verbindung mit einem zur Entwicklung der Krankheitskeime geeigneten Boden von Bedeutung werden.

Dass Verdauungsstörungen durch Wasser hervorgerufen werden können, welches mit zersetzungsfähigen organischen Substanzen verunreinigt ist, wird gegenwärtig noch allgemein angenommen, obgleich die schon oben citirten Versuche Emmerich's[2]) zum mindesten darthun, dass solches Wasser unter Umständen auch vollkommen unschädlich sein kann.

Statistisches Material, welches beweisen würde, dass die Morbilitäts- und Mortalitätsverhältnisse in Gegenden, die an verunreinigten Flüssen liegen, ungünstiger sind als anderswo, existirt nicht. Aus den verschiedenen Berichten der englischen Flussvereinigungscommission geht deutlich hervor, dass die Bemühungen dieser Commission, solches Material zu sammeln, fruchtlos geblieben sind. Nirgends sind die Flüsse mehr verunreinigt als in England, und doch konnte auch hier die Existenz eines Parallelverhältnisses zwischen mehr oder weniger verunreinigtem Wasser und der Sterblichkeitszahl der Bevölkerung nicht erwiesen werden. Die Commission sagt, dass es ihr nirgends gelungen sei, zu entscheiden, ob der verunreinigte Fluss auch die Ursache von Krankheiten sei; es gebe eben zu viele andere Ursachen für die Gefährdung der Gesundheit, welche in überwältigender Weise vorherrschen und dadurch den üblen Einfluss verunreinigter Flüsse, wenn er überhaupt bestehe, vollkommen verdecken.[3])

---

1) Siehe hierüber z. B. die Aeusserungen Pettenkofer's im Münchener Architecten- und Ingenieurverein. Verhandlungen und Arbeiten der Münchener Commission. II. S. 136 u. flgde. — Ferner den Aufsatz Pettenkofer's, Ist das Trinkwasser Quelle von Typhusepidemien? Ztschr. f. Biol. X. S. 439. — Auch Soyka, Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände. S. 30 u. flgde.

2) Ztschr. f. Biol. XIV. S. 563.

3) Siehe hierüber das Ref. Lent's auf der 5. Versamml. d. Deutsch. Ver. f. öff. Gesundheitspfl. Dtsch. Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. X. S. 93 u. flgde.

— Auch die fleissigen Nachforschungen der Gesundheitsbehörde im Königreiche Sachsen, wo die Verunreinigung der Flüsse in den industriereichen Landestheilen einen höheren Grad erreicht zu haben scheint als irgend anderswo in Deutschland, waren, wie die bezügliche Vorlage des Ministers des Innern an die sächs. Kammern vom 22. Nov. 1879 beweist, von dem gleichen negativen Erfolge.[1])

Unter diesen Umständen wird sich die öffentliche Gesundheitspflege der Reinheit des Flusswassers gegenüber nicht anders verhalten können als sie sich z. B. der Reinheit der Luft gegenüber verhält, d. h. sie wird sich bestreben, dem Wasser der Flüsse und Seen eine solche Beschaffenheit zu wahren, dass seine Benutzung zur Befriedigung der zahlreichen Bedürfnisse in Haus und Hof vollkommen möglich ist, und dass nirgends eine Bevölkerung durch ihre höher am Flusse gelegenen Nachbarn im Gebrauche des Flusswassers, wenn nöthig sogar als Trinkwasser, beeinträchtigt wird. Hiermit soll nicht das Verlangen einer absoluten Reinheit des Flusswassers aufgestellt sein; ein solches Ideal wäre wohl kaum erreichbar, und der Versuch es zu verwirklichen, würde so viele Complicationen und ernste Uebelstände hervorrufen, dass man bald wieder genöthigt wäre ihn aufzugeben. Andererseits aber scheint es uns zu weit gegangen, wenn Baumeister es ein „natürliches Recht" der Bevölkerung nennt, sich der Gewässer zur Entfernung von Schmutzwasser zu bedienen.[2]) Der allzu weit gehende Gebrauch dieses „natürlichen Rechtes" von Seite eines Theiles der Bevölkerung, könnte leicht zu ernsthafter Verletzung ebenso natürlicher Rechte Anderer führen.

Die Erkenntniss, dass man sich mit dem Verlangen einer relativen Reinheit des Flusswassers begnügen müsse, hat in England das Bestreben hervorgerufen, für die chemische Zusammensetzung der Abwässer gewisse Grenzwerthe aufzustellen, deren Ueberschreitung das Einleiten eines Abwassers in öffentliche Wasserläufe unzulässig machen solle. Die Flussverunreinigungscommission hat in der That zu wiederholten Malen hierauf bezügliche Vorschläge gemacht[3]), ohne dass jedoch dieselben eine praktische Anwendung gefunden hätten; als zu weit gehend und ihrer skrupulösen Detaillirtheit wegen schwer durchführbar, wurden sie auch vom neuesten englischen Gesetz, zur

---

1) Zur amtlichen Lage der Flussverunreinigungsfrage in Preussen. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. XIII. S. 196.

2) Ref. Baumeister's auf der 5. Vers. des Deutsch. Ver. f. öffentl. Gesundheitspfl. in Nürnberg.

3) 1. u. 5. report of the Commissioners etc. — Siehe auch Deutsch. Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspfl. III. S. 308. Sander, a. a. O. S. 385.

Verhütung der Flussverunreinigung (The Rivers Pollution Prevention Act 1876) unberücksichtigt gelassen. Das Gesetz verbietet zwar principiell das Einleiten fester oder flüssiger Abzugskanalstoffe in öffentliche Wasserläufe, aber es gibt zugleich dem Centralverwaltungsamte die Möglichkeit unter gewissen Verhältnissen Ausnahmen von dieser Regel zu gestatten und legt überhaupt dem Amte die Pflicht auf, jeweilen die örtlichen Umstände und Erfordernisse in Betracht zu ziehen.[1]) — Auch die kgl. wissenschaftliche Deputation für das Medicinalwesen in Berlin hat die Bestimmung von Maximalgrenzen für den zulässigen Verunreinigungsgehalt der Kanalwässer vor ihrer Einlassung in die Flüsse bei dem Mangel an wissenschaftlichem Materiale zu befriedigender Lösung dieser Frage für unthunlich erklärt. „So lange aber diese Lösung nicht gefunden ist,“ sagt die Deputation, „wird die Frage, ob ein Kanalwasser hinreichend gereinigt sei, um ohne Besorgniss den öffentlichen Wasserläufen einverleibt werden zu können, nur von Fall zu Fall durch eine combinirte chemische und mikroskopische Untersuchung mit einiger Sicherheit unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Beschaffenheit der betreffenden öffentlichen Wasserläufe, sowie der sonst in Betracht kommenden localen Verhältnisse zu entscheiden sein.“[2])

Dieser Standpunkt scheint nun wirklich im gegenwärtigen Augenblick, und vielleicht auch noch auf weitere Zukunft hinaus, der einzig richtige zu sein. Verschiedene örtliche Verhältnisse verlangen auch eine verschiedene Lösung der Frage über Einleitung des Sielwassers in die Flüsse. Eine dichte Bevölkerung mit ausgedehnter Industriethätigkeit an relativ oder absolut kleinen Wasserläufen befindet sich in Bezug auf ihr Kanalwasser in einer ganz anderen Lage als kleine Städte mit wenig entwickelter Industrie, die an grossen, wasserreichen Strömen liegen: im ersteren Falle kann der Einlauf der Schmutzwässer in den Fluss, wenigstens ohne vorherige gründliche Reinigung derselben, absolut unthunlich sein, während im zweiten Falle dieser Einlauf unbedingt gestattet werden kann, weil hierbei weder für die Stadtbevölkerung selbst, noch für die unterhalb derselben am Flusse gelegenen Ortschaften ein sanitärer Nachtheil zu erwarten ist. Ob die Excremente den Sielen zugeführt werden oder nicht, ist bei der Entscheidung dieser Frage, in Hinblick auf das

---

1) Finkelnburg, Die Entwicklung der Gesundheitsgesetzgebung . . . in England seit dem Jahre 1872. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IX. S. 725 u. flgde.

2) Zur amtlichen Lage der Flussverunreinigungsfrage in Preussen. Deutsch. Vierteljahrsschr. f öffentl. Gesundheitspfl. XIII. S. 177 u. flgde.

weiter oben hierüber Gesagte, durchaus gleichgiltig; dagegen können offensive Fabrikabgänge unter Umständen eine besondere Behandlung erfordern.

Die maassgebenden Factoren, welche vorzüglich berücksichtigt werden müssen, wenn es sich darum handelt, ob es einer Stadt zu gestatten sei in öffentliche Wasserläufe zu entwässern, sind vor Allem: das quantitative Verhältniss der Wassermasse des Flusses zur Menge des abzuführenden Unrathes und die Stromgeschwindigkeit des Flusses. Je grösser die Wassermasse des Flusses im Verhältniss zur Sielwassermenge ist, desto bedeutender wird die Verdünnung der letzteren durch das Flusswasser; je grösser aber die Stromgeschwindigkeit, desto weniger hat man bedenkliche Stromablagerungen im Flussbett und an den Ufern zu erwarten. Es ist ein grosser Unterschied, ob das Kanalwasser von London in die Themse geleitet werde, die weniger als 2 Mill. Cbm. Wasser im Tage liefert, oder in den Rhein z. B. bei Köln, wo er bei niedrigstem Wasserstande in 24 Stunden 82 Mill. Cbm. Wasser führt; die Verunreinigung der Seine durch das Pariser Kanalwasser, namentlich aber die Schlammablagerungen im Flusse, wären weniger gross, wenn die Seine, statt 0.15 Meter Secundengeschwindigkeit, die Stromgeschwindigkeit der Isar bei München (1 Meter in der Sec.) hätte. —

Pettenkofer[1]) hat berechnet, wieviel feste Fäcalbestandtheile in einem Liter Isarwasser enthalten sein würden, wenn die Bevölkerung Münchens aus 200000 erwachsenen Männern bestünde, deren Excremente alle ohne Ausnahme durch die Siele der Isar zugeschwemmt würden; die Berechnung ergab die äusserst geringe Menge von 4.5 bis 7.5 Mgrm. im Liter, je nach dem Wasserstande des Flusses. Einen vollständigen Begriff von dem Grade der zu erwartenden Flussverunreinigung gibt jedoch diese Berechnung desshalb nicht, weil das Sielwasser, ausser den Fäcalstoffen, eine grosse Menge anderer Unrathstoffe zu führen pflegt; es scheint uns desshalb zweckmässiger, eine solche Berechnung auf den factischen Gehalt des Sielwassers kanalisirter Städte an festen Bestandtheilen (in Lösung befindlichen und suspendirten) zu stützen. Das Kanalwasser englischer Städte enthält im Durchschnitt in 100000 Theilen 116.9 fester Bestandtheile; Danziger Kanalwasser 126.5; man kann also im Mittel auf 100000 Theile Kanalwasser 120 Theile fester Stoffe annehmen, d. h. 1.2 Grm. im Liter; Paris bildet eine Ausnahme, weil hier auch der Strassenschlamm den Sielen zuströmt: sein Kanalwasser enthält 2.7 Grm. fester

---

1) Pettenkofer, Vorträge über Kanalisation und Abfuhr. S. 125 u. flgde. — Aehnliche Berechnungen über das Verhältniss von Kanalwasser und Flusswasser siehe in Lent's Referat über die Kanalisatien von Köln. Correspondenzblatt d. Niederrhein. Ver. f. öffentl. Gesundheitspfl. 1877.

Stoffe in 1 Liter (s. weiter oben). Auf Grundlage dieser Zahlen ist folgende Tabelle berechnet (das spec. Gewicht der festen Stoffe ist demjenigen des Wassers gleichgesetzt).

	Kloakenwassermenge in 24 Std. (Cbm.)	Flusswassermenge in 24 Std. (Cbm.)	Verhältniss	Menge der festen Stoffe im Sielwasser in Cbm.	Auf 1 Liter Flusswasser kommen feste Bestandtheile des Sielwassers in Grm.
Frankfurt a. M.:					
Niedrigster Wasserstand	16000	7000000	1 : 438	19.2	0.0028
Mittlerer Wasserstand .	16000	15000000	1 : 938	19.2	0.0013
München:					
Niedrigster Wasserstand	30000	2592000	1 : 86	36	0.014
Mittlerer Wasserstand .	30000	4320000	1 : 144	36	0.0083
Paris	300000	3888000	1 : 13	840	0.216

Wenn trotz der günstigen Verhältnisse für Frankfurt a. M., wie sie aus diesen Zahlen hervorgehen, dennoch das Einleiten des Frankfurter Sielwassers in den Main mit etwelchen, wenn auch nicht zu überschätzenden Uebelständen für die Bevölkerung der unterhalb Frankfurt liegenden Ortschaften verknüpft ist, so beweist dieser Umstand nur, dass allen derartigen Berechnungen eine höchst relative Beweiskraft beizumessen ist. In der That ist ja eine gleichmässige Mischung des Sielwassers mit dem Flusswasser, wie sie in solchen Berechnungen vorausgesetzt wird, nicht zu erwarten. Noch weit unterhalb der Sielmündungen pflegt das Kanalwasser einen ziemlich concentrirten Strom unreiner Flüssigkeit innerhalb der allgemeinen Wasserströmung zu bilden, und nur allmählich findet die vollständige Mischung mit dem Flusswasser und hiermit auch die möglichst grösste Verdünnung des Sielwassers statt. Ausserdem werden Schlammablagerungen auch unter den günstigsten Umständen nicht ganz zu vermeiden sein, wie denn bekanntlich gerade in Frankfurt die Unannehmlichkeiten für die flussabwärts liegenden Gemeinden, von denen der Bericht der Münchener Commission Erwähnung thut, nicht durch die gelösten Bestandtheile des Sielwassers, sondern wesentlich durch die suspendirten Stoffe hervorgerufen werden.

Wenn es sich also darum handelt, ob eine gegebene Stadt in den Fluss, an welchem sie liegt, entwässern dürfe, so ist wohl zu erwägen, ob die nur ausnahmsweise absolut zu vermeidenden Uebelstände, die mit der Einleitung des Sielwassers in den Fluss verbunden sind, durch die Vortheile (sanitäre und ökonomische) überwogen werden, welche von diesem Verfahren zu erwarten sind. Solche Fälle sind in der That voll-

kommen denkbar. Der beste Weg, um sich hierüber Klarheit zu verschaffen, wäre die Erfüllung des vom deutschen Verein für öffentl. Gesundheitspflege in seiner Eingabe an den Reichskanzler ausgesprochenen Wunsches: es möchten systematische Untersuchungen an den deutschen Flüssen angeordnet werden, damit festgestellt werden könne, inwieweit nach der Wassermenge und Geschwindigkeit die directe Ableitung von Schmutzwasser — sei es, dass menschliche Excremente demselben zugeführt werden oder nicht — in die Wasserläufe gestattet werden könne.[1])

2. Reinigung des Sielwassers auf chemischem Wege.

Der Wunsch, das Sielwasser vor seinem Einlauf in die Flüsse der fäulnissfähigen Substanzen möglichst zu berauben und hierbei die düngenden Bestandtheile desselben zu gewinnen, hat sehr zahlreiche Vorschläge zur Reinigung der Cloakenflüssigkeit mit chemischen Mitteln ins Leben gerufen.[2]) Eine Aufzählung und Beschreibung dieser Verfahren ist weder möglich noch nothwendig, denn im Allgemeinen liegt ihnen Allen ein und dasselbe Princip zu Grunde und auch in den Resultaten kommen sie einander ziemlich nahe.

Im Wesentlichen besteht die chemische Reinigung des Kanalwassers darin, dass man dasselbe in grosse Bassins einleitet und ihm hier solche Substanzen beimischt, welche einen Niederschlag hervorrufen. Mit diesem Niederschlag soll dann der grösste Theil der im Wasser suspendirten Stoffe zu Boden fallen; ausserdem wird auf eine theilweise Bindung der gelösten Dungstoffe — des Stickstoffs, Kalis und der Phosphorsäure — gerechnet, wobei die Flüssigkeit über dem Niederschlag rein genug werden soll, um ohne Schaden den öffentlichen Wasserläufen überliefert werden zu können.

Einige der hierzu angewendeten Mittel, deren Wirkung hinreichend bekannt ist, wollen wir kurz beschreiben.

Das Süvern'sche Desinfectionsmittel. Zu seiner Bereitung werden nach Grouven[3]) 100 Th. Kalk mit 300 Th. Wasser gelöscht, sodann dem noch heissen Kalkbrei 8 Th. Theer und 33 Th. Chlormagnesium zugesetzt; schliesslich wird die Masse mit soviel Wasser gemischt, dass das Ganze 1000 Th. beträgt. Virchow und Hausmann[4]) bezeichnen das Resultat eines in grossem Maassstabe mit diesem Mittel in Berlin 1809 angestellten Versuches als in vielen Beziehungen befriedigend. Ueber dem sich rasch setzenden Niederschlag wurde ein klares, nur schwach gelblich gefärbtes Wasser von leicht ammoniakalischem Geruch

1) Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. X. S. 675—681.

2) In England sollen in den 20 Jahren von 1856—1876 nicht weniger als 421 Methoden patentirt werden sein (Wiel u. Gnehm, Handbuch der Hygiene. S. 520).

3) Dingler's polyt. Journ. Nr. 187. 1868.

4) Reinigung und Entwässerung Berlins. II. S. 137 u. flgde. — Generalbericht. S. 77. — Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. III. S. 269.

erhalten. Dasselbe war anfangs fast frei von lebenden Organismen, aber bei längerem Stehen erscheinen dieselben von Neuem in grosser Zahl. Der Harnstoff wird nicht gefällt; Kali und Natron bleiben ebenfalls im Wasser zurück; dagegen wird die Phosphorsäure nahezu vollständig in den Niederschlag gebracht. In Folge ihres grossen Stickstoffgehaltes bleibt die Flüssigkeit in hohem Grade fäulnissfähig. Der Dungwerth des Niederschlages ist gering, so dass der letztere den Transport auf weitere Entfernungen nicht verträgt. Die Desinfection mit diesem Mittel würde nach der Berechnung Hobrecht's ungefähr 3 Mark pro Kopf der Bevölkerung kosten.

Der Kalk wurde als Reinigungsmittel des Kanalwassers in grossem Maassstabe in Leicester, Tattenham und im Lager von Aldershot versucht, aber bald wieder verlassen.[1] Das Verfahren ist einfach: das Kanalwasser wird mit einer bestimmten Menge Kalkmilch vermischt und in grosse Klärbassins geleitet. Nach den vorliegenden Analysen[2] vermindert Kalk zwar den Gesammtgehalt an löslichen Stoffen, der organische Stickstoff wird aber nicht zur Hälfte entfernt, der Ammoniakgehalt durch Zersetzung der organischen Substanzen sogar vermehrt. Der Dungwerth des Niederschlages ist so gering, dass die Auslagen nicht gedeckt werden.

Das Lenk'sche Desinfectionsmittel bestand ursprünglich aus schwefelsaurer Thonerde mit etwas Kalialaun, dem später noch Zink- und Eisenchlorid, auch Soda, zugesetzt wurden.[3] Das Mittel ruft, wie Versuche in Berlin gezeigt haben[4], im Kanalwasser eine rasche und starke Ausscheidung hervor; doch setzt sich der entstehende Schlamm schwer zu Boden, entwickelt fortwährend Gase, steigt wieder an die Oberfläche u. dgl. Die Flüssigkeit kann zwar mehr oder weniger klar werden, doch zeigen sich in derselben sehr rasch wieder Organismen in grosser Menge; dieselben scheinen überhaupt durch das Mittel nicht getödtet, sondern nur vorübergehend starr und bewegungslos gemacht zu werden. Stickstoff und Phosphorsäure bleiben grossentheils im Abflusswasser; der Dungwerth des Schlammes ist gleich Null. Das Mittel wird als vollkommen untauglich bezeichnet.

Die schwefelsaure Thonerde für sich, ohne weitere Beimischungen, ist nach Durand-Claye[5] in Paris in ausgedehntem Maasse zur Reinigung des Kanalwassers verwendet worden. Kommt der Alaun mit den Alkalien der Kanalflüssigkeit in Berührung, so wird er zersetzt und die gelatinöse Thonerde fällt nieder, indem sie die suspendirten Bestandtheile des Wassers einhüllt. Die gelösten organischen Substanzen bleiben grossentheils in dem klaren Wasser zurück. Der Dungwerth des Schlammes ist gering und macht die Herstellungskosten nicht bezahlt. Das

---

1) Blackburn, Vortrag in der Gesundheitsabtheilung der Gesellschaft für sociale Wissenschaften zu Newcastle. Ref. in der Deutsch. Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspfl. III. S. 136.

2) Fischer, Die Verwerthung der städtischen u. Industrieabfallstoffe. S. 166.

3) Dingler's polytechn. Journ. Nr. 191. 1869.

4) Reinigung und Entwässerung Berlins. III u. IV. — Generalber. S. 79. — Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. III. S 274.

5) Annales d'hyg. publ. 2. série. t. 44. 1875.

Verfahren wird von der Pariser Commission als ein theures und unvollkommenes Palliativ bezeichnet.

Das Sillar'sche oder A-B-C-Verfahren (alum, blood, clay). Das von Sillar und Wigner vorgeschlagene Desinfectionsmittel besteht vorzugsweise aus Alaun und Thonerde, denen geringe Mengen von Holz- und Theerkohle, Chlornatrium und etwas frisches Blut zugesetzt werden. Der durch dieses Mittel im Kanalwasser hervorgerufene schwarze, schlammartige Niederschlag wird in Reservoirs gepumpt und fliesst von da in Centrifugaltrockenmaschinen; aus den letzteren wird er in halbfestem Zustande herausgenommen, an freier Luft ausgebreitet und von Zeit zu Zeit mit Schwefelsäure besprengt. Die englische Flussverunreinigungscommission hat sowohl Laboratoriumsversuche, als auch Beobachtungen im Grossen über die Wirkung dieses Mittels angestellt.[1]) Die Resultate waren ungünstig: die suspendirten Stoffe werden zwar niedergeschlagen, aber der Gehalt des Abflusswassers an löslichen Bestandtheilen nimmt durch die hinzugefügten Materialien sogar zu; der organische Stickstoff bleibt unverändert. In sanitärer Beziehung unterscheidet sich also das behandelte Kanalwasser wenig von dem nicht gereinigten. Der gewonnene Schlamm erfreute sich eine Zeitlang besonderer Gunst von Seite der englischen Landwirthe; doch übersteigt schon der Preis der zur Reinigung benutzten Materialien den theoretischen Werth des Düngers, so dass die Anwendung dieses Mittels mit grossen Kosten verbunden ist. Die Städte Leamington und Leeds, welche ihre Kanalwässer zeitweilig nach Sillar's Vorschlag desinficirten, haben das Verfahren längst wieder verlassen.[2])

Vielfach werden Kalk- und Thonerdephosphate zur Reinigung des Kanalwassers empfohlen. — Forbes und Price[3]) versetzen das Sielwasser mit einem natürlich vorkommenden Aluminiumphosphat, das in Salzsäure gelöst wird; die überschüssige Säure muss durch Kalkmilch neutralisirt werden. Der Absatz des Niederschlags findet rasch statt; die Flüssigkeit ist farb- und geruchlos. Die Phosphorsäure bindet allerdings einen grossen Theil der im Wasser gelösten organischen Substanzen und der entstehende Schlamm scheint nicht werthlos zu sein. Doch hat, soviel bekannt, die Anwendung des Mittels in grösserer Ausdehnung nicht stattgefunden. — In Paris ist das Verfahren Knab's geprüft worden, das in der Anwendung eines eisenhaltigen Kalkphosphates aus den Ardennen besteht.[4]) Der Niederschlag erfolgt nach der Angabe Schloesing's rasch; die Flüssigkeit wird klar, enthält aber noch einen sehr grossen Theil der gelösten organischen Bestandtheile. Dass Fische in dieser Flüssigkeit leben können, beweist nichts, da z. B. bei Marly, wo die Seine noch äusserst verunreinigt ist, so dass im Liter Wasser nur

1) First and second Report of the Commissioners etc. Deutsch v. Reich. — Reinigung und Entwässerung Berlins. Anhang I u. II. S. 93 u. 240. — Dtsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. III. S. 294. — Dingler's polyt. Journal. Nr. 197. 1870.

2) Lehfeldt, a. a. O. S. 50.

3) Berichte der Deutschen chemischen Ges. 1871. S. 859.

4) Schloesing, Assainissement de la Seine. Annales d'hyg. publ. T. 47. 1877. p. 193 u. flgde.

1.9 Cbcm. Sauerstoff gefunden werden, gewisse Fische sich mit Vorliebe aufhalten. — Von Prange und Whitshread[1]) wird das Kanalwasser mit basischphosphorsaurem Kalk, der in wenig Schwefel- oder Salzsäure gelöst ist, versetzt und sodann durch einen geringen Ueberschuss von Kalkmilch der basischphosphorsaure Kalk niedergeschlagen. Der Niederschlag bildet sich leicht und reisst alle suspendirten Stoffe mit sich zu Boden; die Flüssigkeit wird klar und, wenn ihr genügende Zeit zum Absetzen gelassen wird, wasserhell. Da sie viel Ammoniak und Phosphorsäure enthält, wird sie von Prange zur Berieselung empfohlen. Der gewonnene Dünger ist nicht werthlos, da er ziemlich viel Stickstoff und Phosphorsäure enthält, doch dürfte er schwerlich seine Herstellungskosten bezahlt machen.[2]) Der Umstand, dass die Flüssigkeit zur Berieselung tauglich sein soll, deutet auf einen solchen Gehalt an organischen Stoffen hin, welcher sie nicht unbedingt zur Einleitung in offene Wasserläufe geeignet macht.

Als Resultat der gemachten Erfahrungen darf man annehmen, dass auch die besten Methoden der chemischen Reinigung des Kanalwassers die Forderungen, welche man vom sanitären und finanziellen Standpunkt an sie stellen muss, nicht befriedigen. Sie alle reinigen bis zu einem gewissen Grade das Wasser, aber diese Reinigung bezieht sich fast ausschliesslich auf Fällung der suspendirten Bestandtheile, während die gelösten mineralischen und organischen Stoffe nur zum geringsten Theile in den Niederschlag gerathen. Man erhält auf diese Weise eine Flüssigkeit von trügerischer Klarheit, die durchaus nicht ohne Weiteres unter allen Umständen in die Flüsse eingeleitet werden darf, und ausserdem einen Schlamm von meist sehr geringem Dungwerthe, dessen Verkauf die Kosten des Verfahrens noch in keinem Falle gedeckt hat. Wenn nun auch zugegeben werden muss, dass in kleinen Verhältnissen vielleicht die eine oder andere der genannten oder überhaupt vorgeschlagenen Methoden geeignete Anwendung finden kann, so ist doch, in Hinblick auf die grossen Massen von Schmutzwasser, die von kanalisirten Städten geliefert werden, vor der Hand von Versuchen zur chemischen Reinigung des Sielwassers abzusehen. Wie die Berichte der englischen Flussverunreinigungscommission, der Pariser Commission zur Reinigung der Seine und der Berliner gemischten Deputation beweisen, ist man in England, Frankreich und Deutschland hierüber zu den nämlichen Resultaten und Anschauungen gelangt.

---

1) Berichte der Deutsch. chem. Gesellschaft. 1872. S. 942. — Dtsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. VII. S. 328.

2) Bürkli, Bericht ... über den Besuch einer Anzahl Berieselungsanlagen. S. 105. 1875.

3. Reinigung des Kanalwassers durch Filtration.

Wenn man eine nicht allzu dünne Schicht eines unbewachsenen, porösen Bodens mit einer Flüssigkeit übergiesst, die fremdartige Stoffe theils in Lösung, theils in Suspension enthält, so übt der Boden auf diese Substanzen eine Absorption aus, deren Grösse zunächst von den Eigenthümlichkeiten des Bodens und der aufgegossenen Flüssigkeit abhängt, aber auch durch die Menge und Concentration der letzteren und durch die Zeitdauer ihrer Berührung mit dem Boden bestimmt wird.

Am leichtesten werden vom Boden suspendirte Stoffe zurückgehalten. Nach Lissauer[1]) können suspendirte Partikel auch dann in dem zur Filtration dienenden Boden zurückbleiben, wenn sie bedeutend kleiner sind als die Bodenporen, während andererseits oft grössere Objecte den Boden durchdringen, wenn nämlich ihr specifisches Gewicht geringer ist als dasjenige der betreffenden Flüssigkeit: so z. B. wurden kleinere Stärkemehlkörner vom Boden zurückgehalten, während grössere Monaden, wenngleich vereinzelt, durchgingen; die ersteren, weil sie specifisch schwerer sind als Wasser, blieben in den Lücken zwischen den einzelnen Körnern des Bodens sitzen, während sich die leichteren Bakterien und Monaden bei allen Windungen des Wasserstromes durch die Bodenporen schwimmend erhalten und so durch die ganze Erdschicht durchdringen können.

Das Zurückhalten gelöster organischer Stoffe durch den Boden müssen wir uns im Wesentlichen als Wirkung einer physikalischen Attraktion der Bodentheilchen vorstellen, durch welche die organischen Substanzen mechanisch präcipitirt, sozusagen condensirt werden (Falk).[2]) Desshalb ist auch die feine Vertheilung der Bodenpartikel, wodurch die absorbirende Oberfläche vergrössert wird, für die Intensität der Wirkung von grossem Belange (Flächenattraktion). Hierzu kommt dann noch die chemische Verwandtschaft gewisser Bodenbestandtheile zu gelösten organischen Substanzen; so bildet sich beim Aufgiessen von schwefelhaltigen organischen Stoffen auf eisenhaltigem Boden ohne Fäulniss Schwefeleisen; Gyps im Boden wirkt chemisch zersetzend und fördert gleichzeitig die physikalische Absorptionskraft des Bodens. — Die Fähigkeit des Bodens, gelöste organische Substanzen zu absorbiren, wächst nach Lissauer (a. a. O.) bis zu einem gewissen Grade mit der Concentration der Flüssigkeit: von einer 2procentigen Harnstofflösung, die 2.8 Grm. Harnstoff enthielt, wurden 0.7648 Grm. = 27.3% vom Boden zurückgehalten, während von einer 4procentigen Lösung, mit 5.6 Grm. Harnstoff, 1.735 Grm. = 31.0% absorbirt wurden; in ähnlicher Weise wuchs in den Versuchen

---

1) Lissauer, Hygienische Studien über Bodenabsorption. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. VIII. S. 569 u. flgde.

2) Falk, Experimentelles zur Frage der Kanalisation mit Berieselung. II. Vschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 29. Bd. S. 272—296.

Lissauer's die specifische Bodenabsorption für Phosphorsäure mit der Concentration der aufgegossenen Lösung.[1])

Weiter oben, als von der Selbstreinigung des Bodens die Rede war, haben wir der Arbeiten von Schloesing und Müntz, Falk, Soyka Erwähnung gethan, aus welchen hervorgeht, dass der Boden suspendirte und gelöste Substanzen nicht nur mechanisch zurückhält, sondern auch chemisch umwandelt, wobei Spaltungs- und Oxydationsprocesse vor sich gehen, die theilweise durch den Sauerstoff der Bodenluft allein, theilweise unter Mitwirkung niedriger Organismen (Spaltpilze) eingeleitet werden und schliesslich zu vollständiger Mineralisirung der organischen Substanz führen. Hierauf beruht nun die für die Reinigung des Sielwassers durch Filtration so wichtige desinficirende, „entgiftende" Wirkung des Bodens. Es ist das Verdienst Falk's[2]), dieselbe in directer Weise nachgewiesen zu haben.

Falk filtrirte durch trockenen Sandboden, der 35 proc. Hohlräume zeigte, Lösungen verschiedener Gifte, Fermente und anderer organischer Substanzen, im Verhältniss von 2 Volumtheilen Flüssigkeit auf 100 Theile Boden; die Versuche waren so eingerichtet, dass gewöhnlich nach 8 Tagen die erste Menge Filtrat von dem Sande abtropfte. Hierbei zeigte sich regelmässig, dass die abtropfende Flüssigkeit ihre Fermentwirkung oder ihre giftigen Eigenschaften eingebüsst hatte: Emulsin vermochte nach der Filtration nicht mehr Amygdalin oder Salicin zu spalten; das Filtrat von Mundspeichel war ohne Wirkung auf Stärke; tuberkulöse Sputa, deren pyrogene Eigenschaften vorher constatirt waren, gaben ein Filtrat, das bei subcutaner Injection in keiner Weise fiebererzeugend wirkte; Lösungen von Milzbrandblut, von denen wenige Tropfen, unter die Haut gebracht, genügten, um innerhalb einiger Stunden ein kleines Kaninchen zu tödten, hatten nach der Filtration ihre giftige Wirkung vollkommen verloren; Kanalwasser in den verschiedensten Stadien der Zersetzung, mit welchem Falk gelegentlich durch subcutane Injection eine septische Blutvergiftung bei einem Meerschweinchen erzeugen konnte, erwies sich nach der Filtration unschädlich; auch Indol, dem der Koth wesentlich seinen specifischen Geruch verdankt, wurde, wenn die Lösung in geringen Mengen aufgegossen ward, vom Boden zerstört; erst bei grösseren Mengen behielt das Filtrat die chemische Reaction und den Geruch von Indol. — Auf die Resultate seiner Versuche gestützt, schreibt Falk der Filtration durch Boden, auch wenn derselbe unbepflanzt ist, ein Entgiftungsvermögen für

1) Aus diesen Beobachtungen darf natürlich nicht der Schluss gezogen werden, dass auch die chemischen Veränderungen der absorbirten Substanzen im Boden mit der Concentration der aufgegossenen Lösung wachsen; die schon weiter oben erwähnten Versuche Soyka's, Ueber die Nitrificirung des Harnstoffs im Boden (Ztschr. f. Biol. XIV. S. 449) beweisen das Gegentheil.

2) Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. Bd. 27. S. 83 und Bd. 29. S. 272.

die der Gesundheit bedenklichen, zersetzungfähigen Flüssigkeiten zu, wie es auch nur annähernd keines der bisher bekannten chemischen Desinfectionsmittel besitze. Soyka[1]) hat sodann diese Untersuchungen vervollständigt, indem er zeigte, dass es sich in erster Linie hierbei um Absorptionsvorgänge handle, dass aber nach einiger Zeit diese vom Boden zurückgehaltenen organischen Gifte wesentlich zerstört werden.

Man hat noch vor Kurzem (Frankland[2])) die reinigende Kraft des Bodens mehr seiner physikalischen Beschaffenheit — Porosität, Korngrösse, Feinheit der Poren — als seiner chemischen Zusammensetzung zugeschrieben. Gegenwärtig ist man geneigt auch die chemischen Eigenthümlichkeiten des Bodens und gewisse Fermentwirkungen hierfür in Anspruch zu nehmen. Doch scheinen in der That nicht selten die physikalischen Verhältnisse maassgebend zu sein; es liesse sich sonst nicht erklären, warum Bodenarten, die nach der chemischen Analyse einander sehr nahe verwandt sind, doch in gänzlich verschiedenem Grade für die Filtration des Sielwassers tauglich sein können, während andererseits chemisch verschiedene Bodenarten eine ähnliche Wirkung äussern.

Der beste Boden für die Filtration scheint nach den Versuchen Frankland's ein loser Mergel zu sein, der Eisenoxydhydrat und Thonerde enthält, ebenso empfiehlt sich ein nicht ganz feiner Sand in trockener Lage; Lehmboden ist seiner geringen Porosität wegen untauglich; ausserdem bekommt er beim Austrocknen Spalten, durch welche das Kanalwasser ungereinigt in die Tiefe treten würde.[3]) Die filtrirende Schicht muss etwa 2 Meter tief sein und das abfliessende Wasser soll ein natürliches Gefälle nach dem Wasserlaufe haben. Zweckmässig ist es, das Filtrirterrain so zu wählen, dass in der Richtung seines Gefälles keine Ortschaften liegen, die ihren Wasserbedarf aus dem Grundwasser beziehen; es könnten sonst die Brunnen dieser Ortschaften, wenn zufällig die Filtration eine unvollständige ist, durch Fäulnissstoffe aus dem Kanalwasser verunreinigt

---

1) Tageblatt der 54. Versammlung deutscher Naturforscher u. Aerzte in Salzburg 1881.

2) First report of the Commissioners etc. Deutsch von Reich.

3) Nach Frankland (a. a. O.) reinigte in 24 Stunden ein sehr poröser, mit einer dünnen Schicht (25 Mm.) feinen Sandes bedeckter Kies, der bereits 5 Jahre hindurch mit Kanalwasser berieselt worden war, 45 Liter pro Cubikmeter; ein leichter hellrother Sand aus verwittertem Sandstein 26 Liter pro Cbm.; der gebundenere Boden einer Rieselfarm 22.6 Liter pro Cbm. (nach 12 Wochen dauernder, ununterbrochener Filtration nahm die Menge organischer Bestandtheile im Filtrate beständig zu); ein leichter, gelblichbrauner Lehm aus dem Mergelstein der Juraformation 58.8 Liter pro Cbm. (drei Monate hintereinander).

werden. Findet das von der Filtrirschicht abfliessende Wasser nicht von selbst gehörigen Abfluss, so muss der Boden in einer Tiefe von ungefähr 2 Meter künstlich drainirt werden.

Man unterscheidet zwei Arten der Filtration des Kanalwassers, die aufsteigende und die absteigende Filtration. Bei dem ersteren Verfahren wird das zu reinigende Wasser dem Filter von unten zugeführt und steigt unter dem Drucke der nachfolgenden Flüssigkeit in der filtrirenden Schicht in die Höhe, um nachher von der Oberfläche derselben abzulaufen. Da diese aufsteigende Filtration selbstverständlich eine continuirliche sein muss und hierbei alle Luft aus dem Boden verdrängt wird, so ist keine Gelegenheit für den Zutritt frischer Luft zu den Poren des Filters gegeben, das letztere verstopft sich rasch und übt dann eine ganz ungenügende chemische Wirkung auf das Sielwasser aus.[1]) Aus diesem Grunde hat man die aufsteigende Filtration gänzlich aufgegeben und wendet nur noch die absteigende Filtration an, die man ausserdem in bestimmten Zwischenräumen unterbricht, damit Gelegenheit zu hinreichendem Luftzutritt in die Poren des Bodens und zu theilweiser Zersetzung des daselbst abgelagerten Schlammes gegeben sei (absteigende intermittirende Filtration). Da übrigens auch hierdurch die endliche Verstopfung der Poren nicht verhindert werden kann, so muss man, um den filtrirenden Boden wieder durchgängig zu machen, denselben zuweilen längere Zeit hindurch austrocknen lassen oder energisch umwühlen; es kann sogar nothwendig werden, die oberste, am meisten verstopfte Schlammschicht von Zeit zu Zeit zu entfernen.

Ueber die Menge des Kanalwassers, das in der Zeiteinheit von einem gegebenen Volum des filtrirenden Bodens gereinigt werden kann, liegen die im 1. Berichte der englischen Flussverunreinigungscommission niedergelegten Versuche Frankland's vor.

Es ergab sich, dass, wenn Londoner Kanalwasser der absteigenden intermittirenden Filtration durch eine 4.57 Meter hohe Schicht von Sand und Kreide unterworfen wurde und wenn auf 1 Cub.-Fuss filtrirender Masse in 24 Stunden nicht mehr als 57.5 Cub.-Zoll (d. h. auf 1 Cub.-Meter 32,5 Liter)[2]) Sielwasser kamen, die Filtration sehr günstige Resultate gab: der in 100000 Theilen Wasser enthaltene organische Kohlen-

1) Nach den Versuchen Frankland's war die continuirliche aufsteigende Filtration nicht im Stande 37 Cubikzoll Londoner Kanalwasser pro 1 Cubikfuss Sandboden und 24 Stunden (21.5 Liter pro Cbm.) durch eine 4.57 Meter hohe Sandschicht hinlänglich zu reinigen; eine Nitrificirung des Stickstoffs trat gar nicht ein.

2) 1 engl. Cubikfuss = 28.2 Liter; 1 engl. Cubikzoll = 16 Ccm.

stoff wurde hierbei von 4.386 Theilen auf 0.734 Th. reducirt, der org. Stickstoff von 2.484 Th. auf 0.108 Th.; die suspendirten Stoffe wurden ganz zurückgehalten. Eine schnellere Filtration machte die Reinigung ungenügend. — Bei Versuchen über die filtrirende Wirkung der Erde an verschiedenen Orten hat sich herausgestellt, dass dieselbe sehr verschieden ist: die Menge von Kanalwasser, welche in 24 Stunden durch einen Cub.-Fuss Erde gereinigt werden konnte, schwankte zwischen 40 und 102 Cub.-Zoll (23—60 Liter auf 1 Cub.-Meter). Auch in Bezug auf ihre chemische Wirkung zeigten verschiedene Bodenarten grosse Verschiedenheiten: während z. B. bei Benutzung aller anderen Bodenarten eine Nitrificirung des Stickstoffes beobachtet wurde, trat dieselbe in der Erde von Barking fast gar nicht ein; dagegen wurde von dieser Erde sowohl das Ammoniak, als auch der sog. organische Stickstoff zum grössten Theil festgehalten, — ein Umstand, welcher sowohl für die Reinigung des Kanalwassers als für seine Ausnutzung im Interesse der Landwirthschaft von grosser Bedeutung ist.

Durchschnittlich kann man nach den in England gemachten Erfahrungen annehmen, dass in 24 Stunden von 1 Cubikmeter Boden 40 Liter Kanalwasser genügend gereinigt werden. Wenn man also über eine poröse Bodenschicht von 2 Meter Tiefe verfügt und voraussetzt, dass auf jeden Einwohner 150 Liter Kanalwasser täglich kommen, so braucht man zur Filtration des von einer Bevölkerung von 100000 Personen täglich gelieferten Sielwassers eine Bodenoberfläche von 19 Hektaren = 46 engl. acres, wobei auf jede Hektare etwa 800 Cbm. täglich oder 290000 Cbm. jährlich kommen.[1])

So günstig nun aber auch die Erfolge der über Filtration des Kanalwassers durch unbepflanzte Erde im Laboratorium und überhaupt der in kleinem Maassstabe angestellten Versuche ausgefallen sind, so stehen doch einer allgemeineren Einführung dieses Verfahrens bedeutende Hindernisse gegenüber. Erstens könnten die dabei entstehenden, ausgedehnten, mit fäulnissfähigem Schlamm imprägnirten und von keiner Vegetation bedeckten Bodenflächen vom Standpunkte der öffentlichen Gesundheit aus Bedenken erregen, und zweitens würden selbstverständlich alle düngenden Bestandtheile für die Landwirthschaft verloren gehen. Aus diesen Gründen ist man denn auch meistens nicht bei der reinen Filtration des Kanalwassers stehen geblieben, sondern hat zeitweise die filtrirende Bodenfläche zur Anpflanzung geeigneter Gartengewächse verwendet und hierdurch ein Mittelding zwischen Filtration und Berieselung geschaffen.

So verfuhr man z. B. mehrere Jahre lang in der Stadt Merthir-Tydvill im südlichen Wales: das zur Filtration bestimmte Feld war in vier gleiche Schläge getheilt und jeder derselben wurde mit dem Abflusswasser

1) 1 Hektare = 10000 Quadratmeter = 2.41 acres = 3.819 preuss. Morgen.

der Stadt je sechs Stunden lang berieselt, blieb demzufolge die übrigen 18 Stunden dem Einfluss der Luft ausgesetzt. Der Versuch, dieses Land als Garten zu bestellen, ist mit Erfolg gekrönt worden.[1]) Die zur Filtration dienende Bodenfläche betrug 8 Hektaren auf 55000 Einwohner, was mit obiger theoretischer Berechnung sehr gut stimmt. Das Grundwasser wurde durch Drainirung bis auf 2 Meter unter der Oberfläche gesenkt. Vor der Filtration fand eine Klärung des Sielwassers durch Kalkmilch statt. Klagen über Luft- oder Grundwasserverunreinigung sind auch von Seite der nächsten Nachbarn nicht erhoben worden. Die Reinigung des Kanalwassers war so vollkommen, als man sie nur wünschen kann, wie folgende Zahlen beweisen (Mittel aus 6 Analysen), die sich auf 1 Million Theile des Wassers beziehen[2]):

	Feste Bestandtheile	Organ. Kohlenstoff	Chlor	Organ. Stickstoff	Ammoniak	Stickstoff in Nitriten und Nitraten	Gesammtstickstoff
Drainwasser von der Filterfläche	339	1.56	28.4	0.32	0.63	2.69	3.52
Wasser der Londoner Wasserleitungen im Durchschnitt für 1872	270	2.61	18.5	0.39	0.01	2.06	2.46

Gegenwärtig ist die Methode der absteigenden intermittirenden Filtration in Merthir-Tydvill verlassen, da die Stadt znr eigentlichen Berieselung übergegangen ist. Nach Rawlinson soll nur noch in Kendal, einer Stadt von etwa 14000 Einwohnern, das Cloakenwasser durch Filtration auf 2 Hektaren eines feinsandigen Lehmbodens gereinigt werden. Nach einem anderen Berichte gibt es ausserdem in England noch kleinere Städte, in denen diese Methode mit Erfolg und ohne grosse Kosten geübt wird.[3])

Da man, wie wir weiter unten sehen werden, in der Berieselung des bepflanzten Landes ein viel vollkommneres Verfahren zur Reinigung des Kanalwassers gefunden hat, als es die Filtration ist, so erscheint es natürlich, dass die letztere, als selbstständige Methode, nur noch selten angewendet wird; dagegen kann sie neben der Berieselung, und namentlich zu Zeiten, wo letztere, klimatischer Verhältnisse halber, nicht am Platze ist, sehr gute Dienste leisten. In nördlich gelegenen Städten, wo die Bodenoberfläche im Winter gefriert, wird die Anwendung der Filtration sogar nicht zu umgehen sein; die in Berlin geübte zeitweise Einstauung des Sielwassers in Flachbassins trägt, wenigstens theilweise, den Charakter der Filtra-

1) E. Wiebe, Ueber Reinigung des Hauswassers. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IV. S. 527.

2) Sixth Report of the Commissioners etc.

3) Sander, Handb. d. öffentl. Gesundheitspfl. p. 392.

tion, da hierbei auf ein Versinken der flüssigen Bestandtheile des Kanalwassers gerechnet wird.

Auch die Abwässer von Fabriken hat man durch Filtration zu reinigen versucht, wobei man sich theils der Erde, theils einer Mischung von Asche mit Schlacken bedient. Die folgenden Zahlen zeigen den Effect der Reinigung eines Fabrikwassers (Färberei) durch eine Lage von Kohlenresten und Asche [1]; auf 100000 Theile der Flüssigkeit kommen:

	vor der Filtration	nach der Filtration
Gesammtmenge der suspendirten und gelösten Stoffe	114.7	40.0
Organischer Kohlenstoff	11.323	1.757
„ Stickstoff	0.512	0.158
Ammoniak	1.678	0.004
Stickstoff in Form von Nitriten und Nitraten	0	0.410
Gesammtmenge an chemisch gebundenem Stickstoff	1.894	0.571
Chlor	7.45	2.75

Um einen befriedigenden Erfolg zu sichern, muss natürlich auch hier die Filtration eine intermittirende sein. Bei Laboratoriumsversuchen mit schmutzigen Fabrikwässern hat sich herausgestellt, dass dieselben durch Filtration schwieriger zu reinigen sind, als die Sielwässer der Städte, so dass man auf die Volumeinheit filtrirenden Materials keine so grosse Quantität Schmutzwasser nehmen darf, wie bei den letzteren; die Versuche haben gezeigt, dass man nicht über 28.8 Cub.-Zoll auf 1 Cub.-Fuss (16 Lit. auf 1 Cub.-Meter) gehen sollte, während, wie wir oben gesehen haben, Kanalwasser mit Erfolg in einer Menge von 23—60 Liter auf den Cub.-Meter filtrirt werden kann.

4. *Reinigung des Kanalwassers durch Berieselung.*

Der Gedanke, dem Sielwasser durch Berieselung bepflanzten Landes seine offensiven Bestandtheile zu entziehen und zugleich die werthvollen Dungstoffe desselben im Interesse der Landwirthschaft zu verwenden, ist, allerdings in sehr primitiver Weise, schon vor mehr als 100 Jahren in England zur Verwirklichung gelangt, indem das Schmutzwasser der Strassenkanäle von Edinburg seit dem Jahre 1760 auf ein zum Theil lehmiges, zum Theil sandiges Terrain in der Nähe des Meeres geleitet wird, wodurch diese früher unfruchtbare Strecke in Wiesenland umgewandelt wurde (die sog. Craigentinay-Wiesen). Aber erst in neuerer Zeit gewann die Verwendung des Sielwassers zur Berieselung allgemeinere Verbreitung, hauptsächlich in Folge der vielerorts aufgetretenen Opposition gegen die Verunreinigung der Flüsse durch die Cloakenwässer.[2] Zahlreiche eng-

1) Third Report of the Commissioners etc. — Reinigung und Entwässerung Berlins. Anhang I. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IV. S. 409 u. flgde.

2) Die in England zu verschiedenen Zeiten erlassenen Gesetze betreffs Ver-

lische Städte sind auf Grundlage der bestehenden Gesetze durch richterlichen Entscheid gezwungen worden, ihr Kanalwasser, vor Einleiten desselben in die Flüsse, einer Reinignng zu unterwerfen, und da die anfänglich fast überall versuchten chemischen Reinigungsmethoden mit grossen Kosten verbunden waren, ohne ein entsprechendes Resultat zu geben, so gingen die mit Wasserklosets versehenen Städte allmählich, eine nach der andern, zur Berieselung über.

Man verfährt hierbei im Wesentlichen nach zwei verschiedenen Methoden: entweder lässt man das Kanalwasser nur oberflächlich über die betreffenden Landflächen hinfliessen, wobei es, mehr oder weniger gereinigt, schliesslich in einen Abzuggraben gelangt (Bewässerung), — oder man strebt eine Versickerung des Wassers in den Boden an, wobei ein oberflächlicher Abfluss nicht stattfindet, sondern das gereinigte Bodenfiltrat durch natürliche oder künstliche Drainirung in der Tiefe abfliesst (eigentliche Berieselung). Die Bewässerung ist das ältere, ursprüngliche Verfahren, wird aber unter gewissen Verhältnissen auch gegenwärtig noch angewendet. Die eigentliche Berieselung ist als vervollkommnete absteigende, intermittirende Filtration zu betrachten; sie unterscheidet sich von der letzteren nur dadurch, dass hier die Lebensthätigkeit der Pflanzen in Action tritt, wodurch in relativ kurzer Zeit ein Effect erzielt wird, der im unbebauten Boden nur langsam und weniger vollkommen zu Stande kommt — die chemische Umwandlung der organischen, fäulnissfähigen Bestandtheile des Kanalwassers und ihre schliessliche Entfernung aus dem Boden; ausserdem werden bei der blossen Filtration die Endproducte der Zersetzung, salpetersaure und salpetrigsaure Salze, Kohlensäure u. s. w. entweder von den atmosphärischen Niederschlägen aus dem Boden ausgewaschen, oder gehen, soweit sie gasförmiger Natur sind, in die Luft über, während bei der Berieselung die Producte der Einwirkung des Bodens und des atmosphärischen Sauerstoffs auf die organischen Substanzen, in den verschiedensten Stadien der Spaltung und Zersetzung, in den Pflanzenkörper eintreten und zum weiteren Aufbau desselben dienen.

Es ist schwer zu bestimmen, wieviel die Pflanzenwurzeln selbst unmittelbar zur Reinigung des Kanalwassers beitragen. Im Allgemeinen ist man der Ansicht, dass die Pflanzen nur die mineralisirten Endproducte der im Boden vor sich gehenden Zersetzungsprocesse aufnehmen; doch scheinen nach den Beobachtungen Carpenter's[1]) die kleinen Wurzelfasern vieler Pflanzen bis zu einem gewissen Grade die Fähigkeit zu besitzen,

---

hinderung der Flussverunreinigung durch Kanalwasser und Verwendung des letzteren zur Berieselung siehe bei Bürkli, Bericht u. s. w. Anhang. S. 38 u. flgde.

1) Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. VIII. S. 183.

die gelösten organischen Stoffe auch ohne vorherige Zersetzung direct aufzunehmen. Immerhin ist es wahrscheinlich, dass die Hauptarbeit der Erde selbst zufällt: sie hält die Dungstoffe durch mechanische und chemische Einwirkung zurück, vertheilt sie, bewirkt diejenigen chemischen Umwandlungen, welche die Stoffe zur Assimilation durch die Pflanzen tauglich machen und bewahrt sie bis zum geeigneten Momente auf. Dem entsprechend findet man, dass auch im Winter, wo die Vegetation unthätig ist, die Reinigung des Kanalwassers dennoch vor sich geht und dass das Material, welches sich im Winter in der Erde angesammelt hat, im Frühjahr durch die Pflanzen verbraucht wird. Dass die Rolle der Pflanzen selbst, im Momente der Berieselung, nicht hoch angeschlagen werden kann, wird auch durch die folgenden Beobachtungen Frankland's erwiesen, nach welchen dem Kanalwasser durch die Berieselung nicht mehr gelöste und suspendirte organische Substanzen entzogen werden, als durch absteigende, intermittirende Filtration.[1]) Die Tabelle enthält ausserdem auch die Resultate der Reinigung des Kanalwassers durch chemische Processe und durch aufsteigende Filtration:

	Von den löslichen organischen Substanzen wurden entfernt, resp. im Boden zurückgehalten (in Proc.)		Von den suspendirten organ. Stoffen wurden entfernt
	org. Kohlenstoff	org. Stickstoff	
A. Chemische Processe:			
Günstigstes Resultat	50.1	65.8	100
Ungünstigstes	3.4	0	59.6
Durchschnittliches	28.4	36.6	89.6
B. Aufsteigende Filtration:			
Günstigstes Resultat	50.7	65.5	100
Ungünstigstes	0.6	12.4	100
Durchschnittliches	26.3	43.7	100
C. Absteigende intermitt. Filtration:			
Günstigstes Resultat	88.5	97.5	100
Ungünstigstes	32.8	43.7	100
Durchschnittliches	72.8	87.6	100
D. Berieselung:			
Günstigstes Resultat	91.8	97.4	100
Ungünstigstes	42.7	44.1	84.9
Durchschnittliches	68.6	81.7	97.7

Der Grad der Reinigung des Kanalwassers durch Berieselung wurde in England durch zahlreiche vergleichende Analysen des zu- und abfliessenden Wassers controlirt. Lawes und Gilbert[2]) geben hierüber folgende Zahlen:

1) First Report of the Commissioners etc.

2) Lawes u. Gilbert, Ueber die Zusammensetzung, den Werth und die Benutzung des städt. Cloakendüngers. Deutsch von Holtzendorff. Glogau 1869.

	In 1 Liter Kanalwasser	In 1 Liter Abflusswasser
Unorganische Stoffe	1.30—1.40 Grm.	0.53—0.58 Grm.
Organische . . .	0.60—0.73 „	0.10—0.11 „
Ammoniak	0.12 „	0.01

In Croydon, wo vorzugsweise Oberflächenberieselung (Bewässerung) stattfindet, ergaben die ein ganzes Jahr hindurch periodisch ausgeführten Analysen folgende Resultate[1]) (die Zahlen beziehen sich auf 100000 Theile Wasser):

	Gesammt-rückstand	Organ. Kohlenstoff	Organ. Stickstoff	Ammoniak	Stickstoff in Nitriten und Nitraten	Stickstoff-gehalt in Verbindungen	Chlor
Durchschnittl. Zusammensetzung des Sielwassers vor der Berieselung .	45.7	2.508	1.576	3.005	0.000	3.527	4.23
Durchschnittl. Zusammensetzung des Abflusswassers	38.37	0.621	0.128	0.131	0.363	0.584	2.63

Man sieht, dass auch bei blosser Oberflächenberieselung die Reinigung des Kanalwassers eine sehr bedeutende ist; es darf nicht auffallen, dass hierbei der Gesammtrückstand sich wenig verändert, und dass eine Nitrificirung des Stickstoffs nur in geringem Grade vor sich geht. — Den Einfluss der Jahreszeit auf die Reinigung des Croydoner Sielwassers zeigt folgende Tabelle:

	Gesammt-rückstand	Organ. Kohlenstoff	Organ. Stickstoff	Ammoniak	Stickstoff in Nitriten und Nitraten	Stickstoff-gehalt in Verbindungen	Chlor
Durchschnittl. Zusammensetzung vor der Berieselung	45.7	2.508	1.576	3.005	0.000	3.527	4.23
Nach der Berieselung:							
Frühling	35.4	0.594	0.104	0.072	0.225	0.388	2.32
Sommer	35.4	0.607	0.126	0.069	0.155	0.300	2.57
Herbst	43.1	0.690	0.138	0.185	0.589	0.792	3.20
Winter	40.6	0.612	0.145	0.204	0.533	0.846	2.72
Nach 7 Tagen Frost	45.6	0.591	0.239	0.371	0.448	0.992	2.88

Im Ganzen äussern also unter den klimatischen Verhältnissen Englands die Jahreszeiten nur einen geringen Einfluss auf die rei-

1) First Report of the Commissioners etc. Reinigung und Entwässerung Berlins. Anhang I.

nigende Kraft des Bodens, wenn auch allerdings im Winter überhaupt, und besonders nach Frösten, dieselbe etwas abzunehmen scheint. Nach der Angabe Mitgau's[1]) ist das von der Croydoner Rieselfarm abfliessende Wasser, welches nicht überall durch den Boden filtrirt ist und noch Zuflüsse von der Oberfläche enthält, wenn auch mit suspendirten Theilchen vermischt, doch klar und vollständig geruchlos; auch wird dasselbe ohne jeden Nachtheil zum Tränken des Viehes benutzt.

Die völlig genügende Reinigung des Kanalwassers durch Berieselung wurde auch in neuerer Zeit wieder durch die englische Flussverunreinigungscommission für die verschiedensten Bodenarten bestätigt.[2]) Unter 72 Proben des Drainwassers von Rieselfarmen fand sich nur eine, welche mehr als 2 Theile organischen Kohlenstoffs auf 100000 Theile Wasser enthielt, und nur drei, welche mehr als 0.3 Theile organischen Stickstoffs (gelöst) aufwiesen; alle anderen Proben entsprachen in dieser Beziehung vollständig den von Frankland angegebenen Grenzbestimmungen für die Zulassung des Kanalwassers in die Flüsse.

Ueber den Grad der Reinigung, welchen das Kanalwasser von Danzig beim Durchtritt durch den Dünensand, aus welchem die dortigen Rieselfelder bestehen, erfährt, liegen die Analysen von Helm[3]) vor (die Zahlen beziehen sich auf 100000 Theile Wasser):

	Im Kanalwasser			Im Abflusswasser		
	Gelöst	Suspendirt	Summe	Gelöst	Suspendirt	Summe
Organische Stoffe	19.4	35.6	55.0	8.5	1.4	9.9
Unorganische . .	48.9	22.6	71.5	37.1	1.2	38.3
Ammoniak . . .	6.46	—	—	1.13	—	—
Chlor	6.97	—	—	4.74	—	—
Schwefelsäure .	2.37	—	—	1.75	—	—
Phosphorsäure .	0.26	—	—	Spuren	—	—

Die Zahlen zeigen deutlich, wie wenig suspendirte Stoffe durch den Sand hindurchtreten, während allerdings die Quantität der gelösten Substanzen im Abflusswasser noch ziemlich bedeutend ist; doch kommt nach Helm ein grosser Theil der letzteren auf Rech-

1) Mitgau, a. a. O. S. 32.
2) Sixth Report of the Commissioners etc.
3) Helm, Ueber die chemische Beschaffenheit der Kanalflüssigkeit und des Abflusswassers der Danziger Rieselanlagen. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. VII. S. 721.

nung von Stoffen, die durch das Sielwasser aus dem Boden der Rieselfelder ausgelaugt werden (eisenhaltige Humuskörper, Chlor u. s. w.). Helm macht bei dieser Gelegenheit mit Recht darauf aufmerksam, dass man aus der Menge der einzelnen Bestandtheile des Abflusswassers keinen Schluss auf die absolute Menge der vom Boden zurückgehaltenen Stoffe ziehen dürfe, da die Quantität der abfliessenden Flüssigkeit stets wesentlich geringer sei als diejenige der aufgerieselten, weil ein grosser Theil des Wassers theils durch Assimilation, theils durch Verdunstung zurückgehalten wird.

Nach den vorliegenden Erfahrungen geht die Reinigung des Kanalwassers in lehm- und humushaltigem Boden vollkommener vor sich als in Sandboden. Letzterer kann vorübergehend ungeheure Mengen von Sielwasser verschlucken, so dass die Quantität des von ihm abfliessenden Wassers relativ gering ist, aber das letztere ist oft schlecht gereinigt. Am stärksten tritt die Mangelhaftigkeit der Reinigung des Kanalwassers durch Sandboden dann hervor, wenn ihm allzugrosse Wassermengen zugeführt werden: da die Flüssigkeit solchen Boden rasch durchläuft und somit nicht Zeit hat demselben ihre gelösten und suspendirten Bestandtheile in grösserer Menge abzugeben, so ist der Abfluss in solchen Fällen nur als eine Ueberströmung ungereinigten Wassers anzusehen.

Dies war z. B. der Fall auf dem Versuchsrieselfelde in Berlin (alluvialer Sandboden), dessen Abflusswasser zeit- und stellenweise das Grundwasser in hohem Grade verunreinigte.[1]) Die folgenden Zahlen zeigen die Grösse dieser Verunreinigung und den Gang der progressiven Reinigung des Wassers aus einem mitten auf dem Rieselfelde gelegenen Grundwasserstandrohre, nachdem am 11. Januar 1872 die Berieselung sistirt worden war (die Zahlen beziehen sich auf 100000 Theile Wasser):

	Januar 1872				April
	14.	16.	18.	25.	6.
Chlor	25.9	20.6	18.6	17.4	12.8
Schwefelsäure . .	10.9	10.9	10.6	11.8	6.0
Ammoniak . . .	4.6	8.6	6.0	4.3	0.39
Salpetersäure . .	5.0	2.5	3.0	4.5	22.7

Auffallend ist hierbei, dass die Zeit der Verunreinigung und der Grad derselben im Grundwasser verschiedener Stellen des Rieselfeldes äusserst verschieden waren. So erwies sich z. B. das Grundwasser im untersten Theile des Rieselfeldes, nach einer 1 1/4 jährigen sehr intensiven Berieselung, reiner als das Wasser der Berliner Brunnen.[2]) Dieses Freibleiben des Grundwassers von Verunreinigungen an einzelnen Theilen des Riesel-

1) Virchow, Generalbericht. S. 120 u. flgde. — Reinigung und Entwässerung Berlins. VIII.

2) A. Müller in: Reinigung und Entwässerung Berlins. VIII. S. 415.

feldes, während es an anderen Stellen deutlich verunreinigt gefunden wurde, beweist, dass auf dem betreffenden Terrain eine gleichmässige Strömung des Grundwassers nicht stattfand, sondern dass dasselbe durch Streifen von für Wasser undurchgängiger Erde in einzelne Abschnitte getheilt war, die theils stagnirten, theils aber eine nicht unbedeutende Strömung zeigten (Virchow). Jedenfalls ist es also bei der Anlage von Rieselfeldern wichtig, vorher die Strömungsrichtung des Grundwassers und das unterirdische Bodenprofil zu studiren, und man wird sich hüten zur Berieselung mit Kloakenwasser ein Terrain zu wählen, dessen unterirdisches Gefälle direct nach umliegenden Ortschaften hin gerichtet ist, namentlich wenn man es mit lockerem Sand- oder Kiesboden zu thun hat, der nicht immer im Stande ist, das Sielwasser gehörig zu reinigen.

Man hat übrigens die Erfahrung gemacht, dass der Sandboden nach und nach, wenn er in Folge länger dauernder Berieselung mehr Humussubstanzen in seinen Poren abgelagert enthält und dadurch compacter geworden ist, andere Eigenschaften annimmt und die werthvollen Dungbestandtheile des Kanalwassers besser zurückhält.

Nach den Untersuchungen Lissauer's[1]) ist der Absorptionscoefficient[2]) des Danziger Dünensandes nach 4jähriger Berieselung auf das Doppelte der ursprünglichen Grösse gestiegen; derselbe betrug

für	1000	Cbctm.	ursprünglichen Sandbodens			3.5
„	„	„	Sandboden	nach	einjähriger Rieselcultur	4.25
„	„	„	„	„	zweijähriger „	6.5
„	„	„	„	„	dreijähriger „	7.75
„	„	„	„	„	vierjähriger „	7.5

Der Absorptionscoefficient für Gartenerde betrug 12.5. — Lissauer hat auch durch Versuche gezeigt, dass der Absorptionscoefficient einer mit Grasvegetation bedeckten Erde für Harnstoff grösser ist als derjenige eines unbebauten Bodens (ebenda). Nach seinen Erfahrungen bezieht sich die Absorptionsfähigkeit des Danziger Rieselbodens fast ausschliesslich auf stickstoffhaltige Substanz und Phosphorsäure, während Chlor nur in geringen Mengen absorbirt wird; es soll desshalb ein Irrthum sein, aus der Menge der Chloride in dem Abflusswasser den Grad der Reinigung desselben bestimmen zu wollen.

Der Grad der Reinigung des Sielwassers durch den bepflanzten Boden hängt wesentlich von dem Verhältniss der Kanalwassermenge zur Grösse der Rieselfläche, d. h. von der Intensität der Berieselung ab. Es gibt ohne Zweifel einen Grad der Uebersättigung des Bodens mit Flüssigkeit und organischem Zersetzungsmaterial, bei welchem der Boden neu zugeführtes Schmutzwasser nicht mehr zu bewältigen vermag, weder mechanisch noch chemisch, so dass das Wasser einfach ungereinigt wieder abläuft, oder, wenn eine

1) Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. VIII. S. 593.

2) Absorptionscoefficient nennt Lissauer die Differenz zwischen dem spec. Gewicht der Absorptionslösung und demjenigen des Filtrates.

genügende natürliche oder künstliche Drainage des Rieselfeldes fehlt, zu Steigen des Grundwasserniveaus und Versumpfung des Terrains Veranlassung gibt. Nach dem weiter oben über das verschiedene Verhalten der Bodenarten dem Sielwasser gegenüber Gesagten, ist verständlich, dass die Menge des letzteren sich bis zu einem gewissen Grade nach der Bodenbeschaffenheit richten muss. Aber ausser den sanitären, kommen hierbei meist auch noch öconomische, zuweilen sogar landwirthschaftliche Rücksichten in Betracht: öconomische — weil es für die Städte wichtig ist, so wenig Land als nur immer möglich, zur Anlage der Rieselfelder zu erwerben; landwirthschaftliche — weil für verschiedene Pflanzenculturen oft eine verschiedene Intensität der Berieselung wünschenswerth ist. Die günstigste Wirkung der im Sielwasser vorhandenen Dungstoffe wird nach englischen Erfahrungen erreicht, wenn auf eine Hektare die Abwässer von 100 Personen kommen, was je nach der Grösse des Wasserverbrauches in verschiedenen Städten eine Kanalwassermenge von 5000—10000 Cbm. pro Hektare und Jahr ergibt.[1]) Durchschnittlich wird aber in England auf etwa 250 Personen pro Hektare gerechnet.

Die Zusammenstellung der Verhältnisse in 44 englischen Städten mit einer Gesammtbevölkerung von ca. 584000 Einwohnern ergibt nahezu 260 Personen pro Hektare, was je nach dem Wasserverbrauch 12500 bis 25000 Cbm. pro Jahr und Hektare ausmacht. Die englische Flussverunreinigungscommission rechnete auf 100 Personen für 1 Acre (244 Menschen auf 1 Hektare). — Für Berlin nahm Dünkelberg[3]) an, dass, mit Rücksicht auf die Bodenverhältnisse in der Umgebung der Stadt, man auf die Flächeneinheit Rieselfeld etwa dreimal soviel Personen rechnen könne als in England, d. h. mindestens 700 Personen pro Hektare. Diese Erwartungen schienen allerdings etwas zu hoch gespannt zu sein, aber doch kommen, nach dem gegenwärtigen Verhältniss von Kanalwasser und nutzbar gemachtem Rieselfeld[4]), gegenwärtig auf die Hektare etwa 460 Personen, was ca. 25000 Cbm. pro Hektare und Jahr entspricht. — In Danzig kommen nach dem gegenwärtigen Verhältniss von Kanalwassermenge und Rieselfläche[5]) ca. 34000 Cbm. pro Hektare und Jahr, und auf die Hektare etwa 470 Menschen.

Es muss übrigens bemerkt werden, dass das auf einen Ort zutreffende Verhältniss von Personenzahl oder Kanalwassermenge auf die Flächeneinheit des Rieselfeldes niemals unmittelbar auf einen

1) Bürkli, Bericht u. s. w. S. 53.

2) 1 acre = 0.41 Hektare = 1.6 preuss. Morgen; 2.41 acre = 1 Hektare = 3.819 preuss. Morgen.

3) Reinigung und Entwässerung Berlins. VII. S. 352.

4) Mitgau, a. a. O. S. 10.

5) Münchener Berichte. VII. Beil. z. III. Ber. S. 52 u. flgde.

anderen Ort übertragen werden darf, wenn man grobe Irrthümer und ernste Uebelstände vermeiden will. Nur specielle und gründliche Vorstudien über den Stand und das Gefälle des Grundwassers auf dem zur Berieselung ausgewählten Terrain, sowie genaue Ermittelungen über die Zeit, welche der betreffende Boden bei der Sättigung mit Sielwasser gebraucht, um die organischen Stoffe in geeigneter Weise umzuwandeln, werden in jedem einzelnen Falle die Grösse des erforderlichen Rieselterrains mit annähernder Sicherheit berechnen lassen (Lissauer).[1])

Die Verwendung des Kanalwassers zur Berieselung hat in England in neuerer Zeit grosse Verbreitung gefunden. Schon im Jahre 1876 unterzogen daselbst 121 von den 583 kanalisirten Städten mit über 5000 Einwohnern ihre Kanalwässer vor deren Abfluss in die öffentlichen Wasserläufe einer Reinigung, und zwar reinigten 64 davon durch Berieselung, der Rest durch chemische Processe, Filtration, oder einfache Klärung durch Einstauung. Gegen das Jahr 1872 hat sich die Anzahl der Rieselanlagen in England um 34 vermehrt. Auf dem europäischen Continente existiren vor der Hand Rieselanlagen nur bei Paris, Danzig und Berlin. Die Einrichtung dieser Rieselfelder, die Technik des Betriebes, ihre finanziellen Erfolge u. s. w. können hier nicht erörtert werden, so dass wir in dieser Beziehung auf die Specialliteratur verweisen müssen.[2]) Nur einzelne Seiten der

1) Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. IX. S. 487.

2) Bürkli, Ueber Anlage städtischer Abzugskanäle u. s. w. 1866. — Varrentrapp, Ueber Entwässerung der Städte. 1868. — Fegebeutel, Die Kanalwässerbewässerung oder die flüssige Düngung der Felder im Gefolge der Kanalisation der Städte in England. 1870. — Lehfeldt, Der gegenwärtige Stand der Abfuhr- und Kanalisationsfrage in Grossbritannien. 1872. — Virchow, Reinigung und Entwässerung Berlins. Generalbericht. 1873. — Fegebeutel, Die Kanalwasser- (Sewage) Bewässerung in Deutschland. 1874. — Bürkli u. Hafter, Bericht an den tit. Stadtrath von Zürich über den Besuch einer Anzahl Berieselungsanlagen. 1875. — Préfecture de la Seine. Assainissement de la Seine: épuration et utilisation des eaux d'égout. 1876. — Dünkelberg, Die Technik der Berieselung mit städtischem Kanalwasser u. s. w. 1876. — Note du directeur des travaux de Paris sur la situation du service des eaux et égouts etc. 1879. — Mitgau, Bericht über die in Berlin u. s. w. eingeführten Systeme der Städtereinigung. 1880. — Kaftan, Die systematische Reinigung und Entwässerung der Städte. 1880. — Reinigung und Entwässerung Berlins. VI—X. — Verhandlungen und Arbeiten der vom Stadtrathe von München niedergesetzten Commission u. s. w. — Zahlreiche Aufsätze Varrentrapp's, Wiebe's, Lissauer's u. A. in der Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. — Sechs Berichte der englischen Flussverunreinigungscommission. — Aufsätze in der Vjhrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. — Aufsätze in den Annales d'hyg. publ. — Aufsätze in Dingler's polyt. Journal.

Rieseltechnik sollen theils der Vollständigkeit der Schilderung, theils ihrer sanitären Bedeutung wegen kurz erwähnt werden.

Wenige grössere Städte liegen im Verhältniss zu ihrer Umgebung so hoch, dass zur Fortschaffung des Kanalinhaltes auf die Rieselfelder das natürliche Gefälle benutzt werden kann. Meist wird es nöthig sein, das Sielwasser mittelst Dampfkraft auf eine gewisse Höhe zu heben, was beim gegenwärtigen Stande der Technik durchaus keine Schwierigkeiten bietet. Die Hebung geschieht in den sog. Pumpstationen, die sich gewöhnlich am untersten Ende des Hauptsammelkanales befinden.

Die Einrichtung kann dabei so getroffen werden, dass die Dampfmaschinen die Flüssigkeit schon in der Pumpstation bis zu der nöthigen Höhe heben, von wo sie dann mit Hülfe des künstlich erreichten Gefälles direct auf die Rieselfelder gelangt; oder es wird das Sielwasser durch ein hermetisch geschlossenes eisernes Rohr auf die höher gelegene Rieselfläche hinausgedrückt. Die Höhe, bis zu welcher die Flüssigkeit gehoben werden muss, ist oft eine sehr bedeutende: in London beträgt sie für das Wasser der verschiedenen Hauptsammelkanäle 6—11 Meter; die Rieselfelder bei Osdorf in Berlin liegen etwa 22 Meter über der Sohle der Reservoire, aus welchen die Pumpen saugen; in Danzig beläuft sich die Gesammthubhöhe auf 9.5 Meter. In den Pumpstationen müssen Vorrichtungen angebracht sein, durch welche grössere, feste Körper (Lappen, Holz, Obst u. dgl.) von den Maschinen ferngehalten werden; feinerer Schlamm wird dagegen von den Pumpen ganz gut bewältigt und verursacht ihnen keinen Schaden.[1]) Um bei Regenfällen aussergewöhnlicher Art die von den Pumpen nicht zu bewältigende Wassermenge zu entfernen, ist es zweckmässig, im Bassin der Pumpstation einen Nothauslass anzubringen (Berlin). Was die Kosten des Betriebes der Pumpstationen anbelangt, so wurden im Jahre 1878 zur Förderung von beinahe 5 Mill. Cbm. Sielwasser nach den 15 Kilometer entfernten und 22 Meter höher gelegenen Rieselfeldern 2551.6 Cbm. Kohlen für 33500 Mark verbraucht, so dass die Förderung von 1 Cbm. Wasser auf 0.7 Pf. zu stehen kam.[2])

In sanitärer Beziehung flössen die Pumpstationen, selbst wenn sie mitten in bewohnten Stadttheilen liegen, durchaus keine Bedenken ein. Aus allen Berichten von Sachverständigen geht hervor, dass nicht einmal in den Maschinenhäusern, unmittelbar über den Reservoiren, ein übler Geruch bemerkt wird, geschweige denn auf den Höfen der Pumpstationen oder in ihrer Nachbarschaft.[3])

Die Frage, ob die suspendirten Stoffe des Sielwassers vor der

---

1) In Danzig werden die festen Stoffe durch Siebräder abgefangen und sodann durch einen Schneckenextractor selbstthätig zu Tage gefördert.

2) Mitgau, a. a. O. S. 14.

3) Siehe z. B. den Münchener Bericht. Beil. VII z. III. Ber. S. 41.

Berieselung möglichst entfernt werden sollen oder nicht, wird sowohl theoretisch als praktisch verschieden beantwortet.

In England, wo vorzugsweise Grasflächen berieselt werden, sucht man fast überall die suspendirten Stoffe durch mechanische Vorrichtungen oder durch Niederschlagsbassins oder endlich durch chemische Mittel aus dem Sielwasser zu entfernen, bevor dasselbe auf die Rieselflächen geleitet wird; in Paris dagegen, auf dessen Rieselanlage bei Gennevilliers nur Gemüse und Hackfrüchte gebaut werden, vermehrt man die Menge der suspendirten Stoffe absichtlich durch den in die Siele gekehrten Strassendünger. Culturart und Betriebsweise der Berieselung mögen hier entscheidend sein. Sehr energisch tritt gegen die vorläufige Entfernung der suspendirten Schlammtheile aus dem Sielwasser Dünkelberg[1]) auf; er stützt sich hierbei einestheils auf die Untersuchungen Lissauer's (s. oben), aus welchen hervorgeht, dass die Absorptionskraft des durchlassenden Sandbodens, die ursprünglich fast gleich Null ist, erst in demselben Maassstabe hervortritt, als die suspendirten Schlammtheile des Kanalwassers sich nach und nach in der obersten Bodenschicht anhäufen, — anderentheils auf eigene Erfahrungen über den Erfolg der Bewässerungen, welche ihn unzweideutig lehrten, dass die suspendirten Stoffe des Rieselwassers eine sehr günstige Wirkung auf das Land und dessen Ernten ausüben. Vermuthlich wird die Lösung dieser Frage nicht eine kategorische, für alle Fälle passende sein können, sondern die Entscheidung je nach den örtlichen Bodenverhältnissen und der Culturart verschieden ausfallen müssen. Dass der Uebergang des Strassenkehrichts in die Siele zur Vermeidung allzugrosser Schlammablagerungen in den letzteren verhindert werden muss, wurde weiter oben schon betont.

Sowohl vom sanitären, als auch vom technischen Standpunkte aus ist es nothwendig, dass das zur Berieselung gewählte Terrain hierzu in gewisser Weise vorbereitet (adaptirt) werde. Die betreffenden Arbeiten bestehen in erster Linie in einer Planirung der Rieselfläche, wodurch Vertiefungen, in welchen das Wasser stagniren könnte, beseitigt werden. Durch Probeberieselungen müssen nach Beendigung der Planirung etwa vorhandene Mängel derselben eruirt und unverzüglich alle Unebenheiten des Terrains, welche die Verbreitung des Sielwassers in gleichmässiger Schicht verhindern könnten, ausgeglichen werden. Bei wellenförmigem Terrain ist dafür zu sorgen, dass das ober- oder unterirdisch ablaufende Wasser überall den gehörigen Abfluss finde. In vielen Fällen wird künstliche Drainage der Rieselfelder nicht zu umgehen sein. Wie sehr sich die Unterlassung dieser Vorsichtsmaassregel rächen kann, lehrt augenscheinlich das Beispiel des Rieselfeldes in Gennevilliers bei Paris.

Dasselbe liegt auf einer von der Seine umflossenen Halbinsel mit durchlässigem, kiesig-sandigem Alluvialboden und nimmt einen Theil des

1) Die Technik der Berieselung mit städtischem Kanalwasser u. s. w. S. 7 u. flgde.

Pariser Sielwassers in einer Menge von 40000—50000 Cbm. pro Hektare im Jahr auf. Im Jahre 1869, als mit der Berieselung begonnen wurde, stand das Grundwasser 4—4.5 Meter unter der Oberfläche; aber schon im Jahre 1876 constatirte eine vom Seinepräfecten ernannte Commission, dass sich im Allgemeinen das Grundwasserniveau um 2 Meter gehoben hatte und dass an einzelnen Stellen das Wasser nur noch 1.5 Meter unter der Bodenoberfläche stand.[1]) Freilich konnte die bedeutende Erhebung der unterirdischen Wasserschicht theilweise auf die Wirkung von neuerrichteten Schleusen in der Seine und auf die der Untersuchung vorausgegangene Regenzeit zurückgeführt werden, aber eine wesentliche Betheiligung der Berieselung an dem erfolgten Steigen des Grundwassers liess sich doch nicht ausschliessen. Da nun diese allgemeine Erhebung des Grundwasserniveaus, abgesehen davon, dass sie die Dicke der filtrirenden Bodenschicht auf dem Rieselfelde selbst wesentlich reducirte, vielfache und bedenkliche Uebelstände für das benachbarte Dorf Gennevilliers im Gefolge hatte (Ueberschwemmung der Keller, Verunreinigung der Brunnen), welche lebhafte Proteste von Seite der Bevölkerung gegen die Rieselfelder hervorriefen und die Stadt Paris in zahlreiche Processe verwickelten[2]), so musste nachträglich eine künstliche Drainirung der Rieselfläche vorgenommen werden. — Auf dem Berliner Rieselfelde von Osdorf, wo anfangs das Wasser ausschliesslich durch natürliche Drainage ablief, war man ebenfalls genöthigt, wenigstens stellenweise eine künstliche Drainage einzurichten, weil sich der Stand des Grundwassers seit dem Betriebe des Rieselfeldes um 1.5—2 Meter erhöht hatte und einzelne tiefliegende Stellen allzu nass wurden, so dass Gemüse und Gras ersoffen. Man ist übrigens in Berlin der Ansicht, es sei zweckmässiger, die Erfahrung über die Nothwendigkeit der Drainage entscheiden zu lassen, als dieselbe durch zahlreiche kostspielige Bohrungen vorher feststellen zu wollen.[3]) — Auch auf den Danziger Rieselfeldern hat sich das Grundwasser in Folge der Berieselung um 1.3 Meter gehoben; doch ist vor der Hand, der günstigen und ausnahmsweisen Localverhältnisse halber, von einer künstlichen Drainage abgesehen worden. Ueberhaupt scheint das Steigen des Grundwasserniveaus auf Rieselfeldern eine allgemein auftretende, gesetzmässige Erscheinung zu sein, die vom sanitären Gesichtspunkte aus wohl zu beachten ist.

Von grosser Wichtigkeit, nicht nur in technischer, sondern auch in sanitärer Hinsicht, ist die Frage, ob eine Berieselung auch

---

1) Schloesing, Assainissement de la Seine. Rapport etc. — Annales d'hyg. publ. t. 47. S. 193 u. flgde.

2) Abgesehen von den officiellen Berichten der zur Untersuchung der gegen das Rieselfeld in Gennevilliers erhobenen Klagen, haben die letzteren zum Erscheinen einer ziemlich ausgedehnten Literatur Veranlassung gegeben. Siehe z. B. Eaux d'égout de Paris. Travaux du Comité de défense contre les projets ... d'irrigation de la foret de Saint-Germain-en Laye. 1880. Ferner: Épuration et utilisation des eaux d'égout de la ville de Paris (Publications de la société française d'hygiène) 1880; sodann mehrere Aufsätze in den Annales d'hyg. publ.

3) Münchener Berichte. Beil. VII z. III. Ber. S. 49.

im Winter möglich sei und wie man, wenn dies nicht der Fall ist, mit dem Sielwasser zu dieser Jahreszeit zu verfahren habe. Für nördlich gelegene Länder geben die in England gemachten Beobachtungen keine Anhaltspunkte zur Beurtheilung dieser Frage, da der Frost in England zu gering und zu wenig andauernd ist, um ernstliche Schwierigkeiten zu bieten, um so mehr, da die Temperatur des Kanalwassers, nach den Angaben Latham's, nie unter 5° C. sinkt.

Die von der gemischten Deputation in Berlin in dem strengen Winter von 1870/71 angestellten Berieselungsversuche[1]) bewiesen allerdings, dass die Berieselung auch bei starkem Frost fortgesetzt werden kann, und dass die Flüssigkeit von einem sandigen Boden auch grösstentheils aufgenommen wird, aber der Einfluss dieser Berieselung auf die Pflanzen erwies sich als ein ungünstiger: namentlich erfroren alle diejenigen Pflanzen, welche einer intermittirenden Berieselung ausgesetzt worden waren, während andererseits da, wo sich frühzeitig eine Eisdecke gebildet hatte und das Wasser sich unter dieser Kruste fortbewegte, die Vegetation zum Theil erhalten blieb. Doch auch an den besterhaltenen Stellen fanden sich streifen- und nesterweise die Pflanzen völlig abgestorben.[2]) An die Bewässerung von Grasflächen und bepflanztem Ackerland ist also während des Winters nicht zu denken; brachliegendes Ackerland kann dagegen auch zu Frostzeiten und unter einer Eisdecke reichlich und ohne Schaden bewässert werden, wobei sich das Sielwasser durch Klärung und Versickerung reinigt (Gennevilliers). In Berlin wird gegenwärtig die Berieselung nur von Mai bis October ausgeübt, während der übrigen Zeit dagegen sistirt.[3]) Zur Unterbringung der Spüljauche vom October bis April und Mai sind auf dem Rieselfelde bei Osdorf grosse Staubassins angelegt, die zusammen eine Flächenausdehnung von 62 Hektaren besitzen.[4])

Es sind dies nicht Vertiefungen des Terrains, durch Ausgraben hergestellt, sondern einfache Sandflächen, die von Dämmen aus aufgeworfener Erde und Sand umschlossen sind. Die Spüljauche wird vor der Einstauung nicht entschlammt und gelangt intermittirend, in unregelmässigen Intervallen, in die einzelnen Bassins, wo der flüssige Theil in den Boden versinkt, während der Schlamm als mehr oder weniger hohe Schicht auf dem Boden der Bassins zurückbleibt; im Frühjahr werden die Staubassins bepflanzt. Wie sehr der Berliner Sandboden befähigt ist, Sielwasser ver-

---

1) Reinigung und Entwässerung Berlins. VII.
2) Virchow, Generalbericht. S. 114 u. flgde.
3) Münchener Berichte. Beil. VII z. III. Ber. S. 49.
4) Ranke, Zur Münchener Kanalisationsfrage. S. 28. 1879.

sickern zu lassen, hatten schon die von Ende 1871 bis März 1872 angestellten Vorversuche gezeigt, während welcher in den sog. „Flachbassins“ (0.3 Meter tief, durch Aufwerfen von Dämmen gebildet) pro Quadratmeter und Tag 0.14—0.93 Cbm. Jauche versunken waren.

Es muss also zugegeben werden, dass in der Einstauung für die Winterperiode eine brauchbare Methode für die Unterbringung des Schmutzwassers gefunden ist, aber es entsteht doch im Hinblick auf die grossen Mengen von Spüljauche, welche hierbei dem Boden übergeben werden, die Frage, ob nicht hierdurch das Grundwasser in bedenklicher Weise verunreinigt werden könne und ob nicht der Boden selbst schliesslich mit zersetzungsfähigen organischen Substanzen übersättigt würde. Die schon oben erwähnten Resultate der Grundwasseranalysen des Berliner Versuchsfeldes mahnen jedenfalls in dieser Beziehung zur Vorsicht, und der für die Filtration des Sielwassers durch den Boden und für die Berieselung geltende Grundsatz, dass dem Erdreich nicht mehr Spüljauche zugeführt werden solle, als es verarbeiten könne, muss vom sanitären Standpunkte aus auch für die Einstauung aufrecht erhalten werden. Da ausserdem die Staubassins auch durch üblen Geruch lästig werden können, so ist darauf zu dringen, dass dieselben in möglichste Entfernung von menschlichen Wohnungen verlegt werden.

Abgesehen von der möglichen Verunreinigung des Grundwassers, hat man gegen die Rieselfelder auch die Befürchtung eines ungünstigen Einflusses ihrer Ausdünstungen erhoben und die letzteren sogar mit der Verbreitung von Infectionskrankheiten in Verbindung gebracht. Was zunächst die Beleidigung des Geruchsinnes durch die Rieselfelder betrifft, so muss zugegeben werden, dass auf schlecht gepflegten Rieselfeldern, namentlich im Sommer, ein übler Geruch vorkommen kann; bei richtigem Betriebe dagegen wird allgemein die Geruchlosigkeit der Rieselfelder betont; der so charakteristische Geruch der Fäcalien ist höchstens am Ausfluss des Zuleitungsrohres in geringem Grade bemerkbar.

So selten kommen unangenehme Ausdünstungen der Rieselfelder vor, dass z. B. in Norwood, wo die Farm unmittelbar neben bewohnten Quartieren liegt, ein Haus auf 200—250 Meter Distanz von denselben denselben Werth haben soll, wie ein solches in 700 Meter Abstand.[1]) Bürkli spricht seine Ueberraschung über die Geruchlosigkeit des Rieselfeldes von Gennevilliers aus; in Aldershot constatirte er auch bei sehr heisser Witterung die Abwesenheit jedes merkbaren Geruchs.[2]) Nach den Aussagen der Nachbarn der Berliner Rieselfelder sei ein unbedeutender Geruch nur

1) First Report of the Commissioners etc.

2) Bürkli, Bericht u. s. w. S. 109.

dann wahrnehmbar, wenn der Wind direct von den Rieselfeldern käme; auf den letzteren selbst notirte die Münchener Commission zeitweise einen schwachen Schlammgeruch; auch auf den Rieselfeldern von Danzig fand dieselbe Commission nur hier und da einen schwachen Geruch.[1] Die Luft auf den Rieselfeldern von Croydon soll gewöhnlich so gut und rein sein, dass die Einwohner der Stadt ihre Spazierfahrten durch die Farm machen; unmittelbar an die letztere angrenzend sind Villen gebaut; auch liegt neben derselben ein Waisenhaus, in welchem im Laufe von 3 Jahren kein Kind gestorben ist.[2]

Ein Einfluss der Rieselfelder auf die Verbreitung von Cholera, Typhus, Dysenterie u. dgl. wurde noch nirgends beobachtet, obgleich man gerade in England, der Heimat der Rieselfarmen, sehr geneigt ist eine Möglichkeit der directen Infection mit dem in den Excrementen vermutheten Cholera- und Typhusgift anzunehmen. Wie die Frage der Typhus- und Choleraätiologie gegenwärtig steht, ist auch theoretisch ein Einfluss der Rieselfelder auf die Verbreitung dieser Krankheiten nicht zu erwarten. Höchstens könnte man sich denken, dass unter gewissen Verhältnissen, bei mangelhaftem Betrieb, der Boden auf den Rieselfeldern selbst Eigenschaften annehmen könnte, welche ihn zur Reproduction ektogener Krankheitsgifte geeignet machen, wobei dann die Arbeiter auf Rieselfarmen der Erkrankung ausgesetzt wären; dass sich aber diese Bodenbeschaffenheit auch den benachbarten Ortschaften mittheilen könnte, ist bei zweckmässiger Einrichtung der Rieselfelder undenkbar.

Wenn im Jahre 1873 die Bewohner von Weichselmünde behaupteten, dass sie die Cholera durch das Abflusswasser der Rieselfelder bekommen hätten, so ist das Irrige dieser Ansicht von Hirsch in seinem officiellen Bericht über diesen Fall hinreichend widerlegt worden.[3] — Dr. Littlejohn sagt in dem Berichte der örtlichen Gesundheitsbehörde von Edinburg, er habe erwartet, dass derjenige Theil der Stadt, welcher dem über die primitiv betriebenen Rieselwiesen her gewehten Winde ausgesetzt ist, von Infectionskrankheiten, in Form von Cholera oder Typhus, stärker heimgesucht werde als die übrigen Stadttheile, aber seine Erwartungen hätten sich in keiner Weise bestätigt; in einer gerade im Mittelpunkt der Wiesen befindlichen Anstalt für Kinder der ärmsten Klasse sei der Gesundheitszustand dieser sehr jungen und schwächlichen Wesen ein guter; dasselbe gelte von den Soldaten in den sehr nahe gelegenen Kasernen.[4]

Eine gewisse Bedeutung hat der berühmt gewordene Fall von Gennevilliers bei Paris, wo ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Wechsel-

---

1) Münchener Berichte. Beil. VII z. III. Ber. S. 41 u. 58.

2) Mitgau, a. a. O. S. 35.

3) Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. VII. S. 737.

4) Mitgau, a. a. O. S. 36.

fiebererkrankungen und den durch die Berieselung der Halbinsel geschaffenen Bodenverhältnissen von vielen Seiten als unzweifelhaft angenommen wurde. Leider sind die hierüber vorhandenen Berichte einander sehr widersprechend, so dass es schwierig ist, objective Klarheit darüber zu gewinnen, ob und inwieweit die gegen die Rieselfelder erhobene Anschuldigung hier eine gerechtfertigte ist. So z. B. zählt der Bericht der Doctoren Danet, Bastin und Garrigac-Dessereuf für die Jahre 1873—1875 im Dorfe Gennevilliers 69 Malariaerkrankungen [1]), während der von der Stadt mit der Untersuchung des Falles beauftragte Dr. Bergeron [2]) für dieselbe Zeit nur 35 Erkrankungen annimmt. Ausserdem leitet Bergeron die Malaria in Gennevilliers von einigen Sümpfen auf der Halbinsel ab, deren Existenz, nach seiner Ansicht, von den Rieselfeldern unabhängig ist, während von anderer Seite auf den directen Zusammenhang dieser sumpfigen Stellen mit den Rieselfeldern hingewiesen wird, da ihre Wasseroberfläche mit der Intensität der Berieselung steige und falle. Thatsächlich geht aus den Berichten hervor, dass vor dem Jahre 1873 Wechselfiebererkrankungen im Dorfe Gennevilliers äusserst selten waren, dass sie mit dem Jahre 1873 in zunehmender Intensität auftraten, dass das Grundwasser der Halbinsel seit Beginn der Berieselung eine wesentliche und constante Steigung erfuhr, und dass mehrere Stellen des Terrains in Folge der excessiven Berieselung versumpft waren, so dass die Ingenieure der Stadt sich genöthigt sahen, zu künstlicher Drainirung des Rieselfeldes zu schreiten. Die Möglichkeit eines Causal-Zusammenhanges dieser Erscheinungen ist also nicht unbedingt von der Hand zu weisen und haben Berieselungstechnik sowohl als öffentliche Gesundheitspflege sich aus diesem Falle die Lehre zu ziehen, dass unter allen Umständen für gehörigen Abfluss des Drainwassers der Rieselfelder zu sorgen sei.[3])

Die auf den Rieselfeldern beschäftigten Personen scheinen Erkrankungen, welche mit ihrem Aufenthaltsorte in Zusammenhang gebracht werden könnten, nicht ausgesetzt zu sein. Die Massenerkrankungen der Schnittermädchen auf dem Rieselfelde in Osdorf bei Berlin, im Sommer 1878, hatten nach dem Zeugniss des behandelnden Arztes einen „gastrisch-intermittirenden" Charakter und werden dem durch häufige Regengüsse bedingten Arbeiten in feuchter Kleidung zugeschrieben.[4])

---

1) Assainissement de la Seine. Ber. v. Schloesing, Annales d'hyg. publ. t. 47. p. 255.

2) Ann. d'hyg. publ. t. 49. p. 474.

3) Ausser den schon genannten Schriftstücken siehe hierüber: Préfecture de la Seine. Assainissement de la Seine etc. Paris 1876. — Travaux du Comité de défense etc. — Épuration et utilisation des eaux d'égout de la ville de Paris (publ. de la soc. franc. d'hyg.). — Finkelnburg, Die Entpestung der Seine durch die Berieselungsanlagen zu Gennevilliers bei Paris. Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öff. Gesundheitspfl. IX. S. 434.

4) Münchener Berichte. Beil. VII z. III. Ber. S. 42.

Die Begünstigung der Verbreitung entozoischer Parasiten durch die Rieselfelder ist bis jetzt durch keinerlei Thatsachen bewiesen; doch kann man nicht leugnen, dass die Möglichkeit einer Verbreitung der Bandwürmer hierdurch gegeben ist. Letzteres ist aber überall der Fall, wo menschliche Excremente zum Düngen von Futterkräutern benutzt werden.

Wir schliessen das Kapitel über Berieselung mit den Worten des von Schloesing verfassten Berichtes der vom Seinepräfecten ernannten Commission, welche die Aufgabe hatte, die Frage der Assainirung der Seine zu studiren[1]):

„Die Reinigung durch Oxydation der organischen Substanzen im Boden ist das einzige bekannte Verfahren, welches zufriedenstellende Resultate gibt. Jene Resultate können vollständig sein, wenn das Verfahren gut geleitet wird.

„Die Reinigung durch den Boden ist von folgenden Bedingungen abhängig:

a. Eine angemessene Porosität des Bodens, damit das Wasser in seinem Niedersinken nicht aufgehalten werde, und damit die Luft in der für die Oxydation erforderlichen Menge eindringen könne.

b. Eine Regelmässigkeit in der Aufeinanderfolge der Berieselungen und in der für jede derselben benutzten Wassermenge, welche darauf berechnet sein muss, dass das Wasser Zeit genug habe den Boden in der für die Reinigung nöthigen Weise zu durchdringen.

c. Eine Drainage, welche zur Entfernung des gesammten gereinigten Abflusswassers genüge.“

Die Erfüllung dieser Bedingungen wird alle Uebelstände beseitigen, welche im Gefolge einer unrichtig angelegten und betriebenen Rieselanlage auftreten können.

VII.

Schlussbetrachtungen.

Bei vorurtheilsfreier Betrachtung der in diesem Abschnitt enthaltenen Schilderungen und Thatsachen müssen sich von selbst diejenigen Gesichtspunkte ergeben, unter denen wir die bis jetzt zur Anwendung gekommenen Methoden der Entfernung der Unrathstoffe aus bewohnten Orten zu betrachten haben. Wir sehen, dass es

1) Annales d'hyg. publ. t. 47. p. 207.

eigentlich nur ein einheitliches System der Städtereinigung gibt, welches alle festen und flüssigen Abgänge berücksichtigt und zugleich auch der sanitären Forderung der Drainage des Untergrundes der Ortschaften Rechnung trägt, — das System der Schwemmkanalisation. Wir verfügen allerdings über zahlreiche Methoden, welche den Zweck haben, die menschlichen Excremente in unschädlicher Weise aus der Höhe der Wohnungen abzuführen. Einige dieser Methoden (Tonnensystem, pneumatisches System Liernur's) erreichen den genannten Zweck mehr oder weniger vollkommen, besitzen unstreitig den Abtrittgruben gegenüber grosse Vorzüge und können vom sanitären Standpunkt aus unter gewissen Verhältnissen ohne Bedenken empfohlen werden, so z. B. für einzelstehende Privatgebäude und öffentliche Anstalten, für kleinere Ortschaften, auch für grössere Städte als Palliativum und Interimsmethoden. Allein diese Verfahren beschäftigen sich factisch nur mit der Entfernung der menschlichen Excremente, während sie alle Schmutzwässer aus Haus, Hof, Strasse und gewerblichen Anlagen unberücksichtigt lassen und auch die Drainage des Baugrundes nicht involviren. Da nun aber die Gesundheitslehre im Interesse der Reinhaltung der Luft und des Bodens verlangen muss, dass eine alle Schmutzwässer umfassende Entwässerung der Städte durchgeführt werde, so ist klar, dass kein Verfahren, welches nur auf Beseitigung der menschlichen Excremente abzielt, als wirkliches System der Städtereinigung betrachtet werden kann. Um solchen Verfahren den Charakter eines vollständigen Städtereinigungsystems zu geben, müssten, ausser den Vorrichtungen zur Entfernung der Fäcalien, noch Kanäle hergestellt werden, welche die Entwässerung der Stadt besorgen. Da nun aber, mit Rücksicht auf die weiter oben angedeuteten quantitativen Verhältnisse der Fäcalien, der Schmutzwässer und des Strassenwassers, diese Kanäle in Grösse und Bauart sich von den Sielen des Schwemmkanalisationssystems nicht unterscheiden könnten, so hätte es, nach Herstellung derselben, keinen Sinn mehr die Excremente von ihnen fern zu halten, so dass die Abfuhr der letzteren von selbst wegfallen würde.

Das Schwemmkanalisationssystem vermeidet die Einseitigkeit der Abfuhrverfahren. In Verbindung mit der Verwendung der Schmutzwässer zur Berieselung muss es bei guter Ausführung und regelmässigem Betrieb als das Ideal eines Städtereinigungssystems betrachtet werden, so weit man eben nach dem gegenwärtigen Zustande der hygienischen Wissenschaft und der Technik urtheilen kann. Aus den bei Schilderung der Schwemmkanalisation angeführten Thatsachen geht hervor, dass dieses System den im Eingange aufgestell-

ten Forderungen vollkommen gerecht werden kann, und dass die gegen dasselbe erhobenen sanitären und technischen Einwände entweder absolut grundlos sind, oder sich nur auf unschwer zu beseitigende Unvollkommenheiten in der Ausführung des Systems beziehen. Diese Einwände betreffen im Allgemeinen: die Verunreinigung der Luft in Haus und Strasse durch Sielgase, — die Imprägnation des Städtegrundes durch den Inhalt der Siele in Folge von Undichtigkeiten der Kanäle, — die Verbreitung specifischer Krankheitskeime durch das Sielnetz, — die Verunreinigung der offenen Wasserläufe durch den Sielinhalt, — und die Beeinträchtigung der Landwirthschaft durch Fortschwemmen der düngenden Bestandtheile der städtischen Unrathstoffe.[1]) Wir haben aber gesehen, dass die Befürchtungen in Beziehung auf Verunreinigung der Luft und des Bodens durch die Gase und den flüssigen Inhalt der Schwemmkanäle theilweise, insofern sie eine Berechtigung haben, leicht durch technische Vervollkommnung des Systems beseitigt werden können. Wir haben ferner constatirt, dass die Befürchtung einer Verschleppung specifischer Krankheitsgifte durch das Sielnetz jeder wissenschaftlichen Grundlage entbehrt und von Seite der medicinischen Gegner des Schwemmkanalisationssystems mit gutem Gewissen nicht aufrecht erhalten werden kann. Wir haben schliesslich bewiesen, dass das für gewisse Fälle vollkommen gerechtfertigte Bedenken der Flussverunreinigung durch das Sielwasser auf zweckmässige Weise mittelst Verwendung des letzteren zur Berieselung von Culturboden beseitigt werden kann, wodurch denn auch der Vorwurf einer Vergeudung der werthvollen Dungstoffe hinfällt. In Beziehung auf diesen letzten Punkt soll übrigens daran erinnert werden, dass es bis jetzt noch nirgends gelungen ist mit Hilfe der Abfuhrverfahren eine landwirthschaftliche Verwerthung der städtischen Abfallstoffe in grösserem Maassstabe zu garantiren. — Auf die Betrachtung des sechsten Einwurfs, welcher oft der Schwemmkanalisation gemacht wird, desjenigen der Kostspieligkeit, haben wir uns nicht eingelassen, weil dieser Gegenstand ausserhalb des Bereiches unserer gegenwärtigen Aufgabe liegt; ausserdem halten wir einen unmittelbaren Vergleich der Kosten, welche die bestehenden Abfuhrmethoden der Stadtbevölkerung auferlegen, mit der Belastung der städtischen und Privatfinanzen durch die Schwemmkanalisation, im Hinblick auf die verschiedene Bedeutung und Tragweite dieser beiden Verfahren, für total unstatthaft. Er wäre nur dann

---

1) Pettenkofer in der Ztschr. f. Biol. VI. S. 545. Auch: Deutsch. Viertel-jahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. II. S. 519.

zulässig, wenn man dem Schwemmsystem ein vollständig durchgeführtes Abfuhrsystem (sit venia verbo) mit Entfernung aller Schmutzwässer und Drainage des Baugrundes gegenüberstellen könnte. Für einen solchen Vergleich fehlen aber alle thatsächlichen Unterlagen. Die in England gemachten Erfahrungen scheinen übrigens zu beweisen, dass nicht nur volkreiche Industriestädte, sondern auch kleinere Orte wohl im Stande sind die finanziellen Lasten zu tragen, welche ihnen durch Herstellung eines einheitlichen Schwemmkanalisationssystems auferlegt werden.

Wir kommen also zu dem Schlusse, dass unter Berücksichtigung localer Verhältnisse man zuweilen vorübergehend, zuweilen definitiv sich für Anwendung eines Abfuhrverfahrens entscheiden wird, dass aber nur die Schwemmkanalisation, in Verbindung mit Berieselung, allen Forderungen entspricht, welche gegenwärtig Gesundheitslehre und öffentliche Gesundheitspflege an die Städtereinigung stellen müssen.

BEERDIGUNGSWESEN

VON

Dr. ADOLF SCHUSTER in München.

I.

Allgemeines über Fäulniss und Verwesung.

Wenn ein Organismus stirbt, so beginnen Stoffumwandlungen und Zersetzungen, welche man mit den Namen Fäulniss, Gährung, Verwesung und Vermoderung bezeichnet, und welche erst dann zum vollständigen Abschluss gelangen, wenn die organische Substanz gänzlich in Wasser, Kohlensäure, Ammoniak und die Aschebestandtheile (die mineralischen Salze) sich aufgelöst hat. Die organischen Stoffe kehren auf diesem Wege zur anorganischen Welt zurück, aus welcher sie aufgebaut wurden. Bei diesem Uebergang verwandeln sich die complicirt zusammengesetzten Stoffe nach und nach in immer einfachere Verbindungen, bis sie endlich in die einfachsten anorganischen zerfallen. Die Art und Weise, wie dies geschieht, die Zwischenprodukte, die hierbei gebildet werden und die Schnelligkeit, mit welcher der ganze Vorgang verläuft, hängen einestheils von der Zusammensetzung des sich zersetzenden Körpers ab, andrerseits von den äusseren Bedingungen, welche den Zerfall begleiten, besonders, von dem quantitativen Verhältniss des Vorhandenseins von Wasser und Luft und von der Temperatur.

Die complicirten chemischen Vorgänge, welche bei diesen Zersetzungsprocessen vor sich gehen, der chemische Modus, wie die einfacheren Verbindungen aus den höher zusammengesetzten entstehen, sind zwar von jeher Gegenstand des Studiums seitens der Chemiker gewesen, allein trotzdem sind unsere Kenntnisse darüber noch sehr lückenhaft. Es lässt sich jetzt im Grossen und Ganzen sagen, dass bei der Fäulniss organischer Substanzen sich drei Kategorieen chemischer Metamorphosen unterscheiden lassen, welche neben und nach einander, aber fast stets gleichzeitig in faulenden Stoffen auftreten, nämlich Hydratation, Reduction und Oxydation. Von diesen drei Kategorieen ist weder die eine noch die andere für die thierische Fäulniss oder die Vermoderung oder die Gährungen charakteristisch, sondern sie werden alle drei, sowohl bei der Fäulniss, als bei den Gährungen und der Vermoderung oder

Verwesung beobachtet. Es ergibt sich hieraus, dass man von diesem Gesichtspunkt aus die genannten Vorgänge nicht zu unterscheiden vermag. Was nun die Vorgänge der Hydratation, Reduction und Oxydation anlangt, so lässt sich im Allgemeinen kurz Folgendes darüber sagen[1]:

Unter Hydratation versteht man diejenige Art der Umwandlung, bei welcher die Zerlegung der organischen Substanzen erfolgt unter der Mitwirkung oder Aufnahme eines resp. mehrerer Moleküle Wasser. Der Vorgang der Hydratation ist bei der Fäulniss organischer Stoffe durchaus nicht selten. Als Hydratationsprocesse sind besonders gewisse Spaltungsvorgänge aufzufassen, welche bei der Fäulniss des Thierkörpers eine Rolle spielen, nämlich die Spaltung der Fette in Fettsäuren und Glycerin und wahrscheinlich auch die primären Umsetzungen, welche die Eiweisskörper, Leimstoffe, Chondrin und andere leimbildende Körper bei der Fäulniss erfahren. Eigenthümlich ist den Hydratationen, dass sie auch künstlich, ohne die Mitwirkung der Fermente, in der Siedehitze durch die Wirkung, entweder von Mineralsäuren oder von Alkalien bewirkt werden können.

Die Reductionen treten mit besonderer Vorliebe auf bei der Fäulniss der thierischen Körper. Sie können auch künstlich durch den Wasserstoff in statu nascendi erzeugt werden. Hoppe-Seyler, der sich eingehend mit dem Studium des chemischen Modus der Gährungen und der Fäulniss befasst hat[2] charakterisirt die zusammengesetzten Reductionen, welche bei diesen Processen vor sich gehen als: „Fermentative Umwandlungen durch Wanderung von Sauerstoffatomen nach dem einen Ende des Moleküls (Carboxylbildung), bei gleichzeitiger Reduction der anderen Seite.“ Er schliesst aus seinen Versuchen ferner, „dass alle Reductionen, die in faulenden Flüssigkeiten geschehen, secundäre Processe sind, hervorgerufen durch den Wasserstoff im Entstehungszustand.“ Die Reductionsprocesse können nur dann statt haben, wenn der Zutritt von atmosphärischem Sauerstoff aufgehoben ist.

Hat dagegen der Sauerstoff ungehinderten Zutritt, so erscheint, wie Hoppe-Seyler angibt, statt der Reduction als Folge der Fäulniss Oxydation, die wohl in nichts Anderem ihre Ursache haben kann, als in der Zerreissung der Sauerstoffmoleküle durch Wasser-

---

1) Weitere Ausführungen s. Hiller, Die Lehre von der Fäulniss. Berlin 1879. S. 34 u. ff.

2) Hoppe-Seyler, Ueber den Process der Gährungen etc. Archiv f. d. ges. Physiologie v. Pflüger. Bd. 12. S. 1—17 u. Zeitschr. f. physiol. Chemie v. Hoppe-Seyler. Bd. 2. S. 1—28.

stoff im Atomzustand, d. h. im Entstehungsmoment, durch welchen nun wieder Sauerstoff in den Entstehungszustand übergeführt wird und dann kräftig oxydirend auftritt.

Unter den Verhältnissen, wie sie sich im Allgemeinen in der Natur finden, können bei der Fäulniss thierischer Körper sowohl Hydratations- als Reductions- und Oxydationsprocesse zu gleicher Zeit vor sich gehen, je nachdem in den verschiedenen Theilen derselben die Bedingungen für einen oder den anderen derselben günstiger sind. Dadurch erklärt es sich auch, dass bei der Fäulniss nie die ganze Masse des fäulnissfähigen Körpers auf einmal zersetzt wird, sondern dass viel davon noch wenig verändert sein kann, wenn andere Theile schon in die einfachsten Verbindungen umgesetzt sind.

Hinsichtlich der Ursachen der Zersetzungen organischer Körper unterliegt es jetzt wohl keinem Zweifel mehr, dass ein grosser Theil dieser Zersetzungen, namentlich diejenigen, welche man als Fäulniss, Gährung und Verwesung bezeichnet, durch Mikroorganismen, welche in die Klasse der niederen Pilze gehören, bewirkt wird. Es sind hauptsächlich zwei Thatsachen, welche für diese Ansicht beweisend sind: 1. dass diese kleinsten Organismen bei den betreffenden Vorgängen immer gefunden werden und 2. dass die Zersetzungen in dem Augenblick aufhören, in welchem man die Organismen auf irgend eine Weise tödtet, oder überhaupt nicht eintreten, wenn man von vorneherein den Zutritt dieser organischen Keime zu dem fäulnissfähigen Körper hindert. Eine andere Frage ist es, ob die Zersetzungen direct durch die Lebensvorgänge dieser Pilze bewirkt werden, oder ob dieselben nur ein Ferment ausscheiden, welches seinerseits erst den Anstoss zur Zersetzung der organischen Verbindungen gibt. Diese Frage ist in den letzten Decennien vielfach Gegenstand der Untersuchungen und der Controverse gewesen, ohne dass es bis jetzt gelungen wäre dieselbe endgültig zu entscheiden. Soviel ist indess sicher, dass man den grössten Theil der Vorgänge bei der Zersetzung organischer Körper, nicht, wie man früher glaubte, als rein chemische Processe auffassen darf, sondern dass dieselben grösstentheils biologischer Natur sind, wenn sich auch nicht läugnen lässt, dass es Zersetzungen organischer Stoffe gibt, welche auf rein chemischem Wege, ohne die Einwirkung von Organismen erfolgen. Man darf indess nicht so weit gehen und die Verwesung nur als eine reine Oxydation, als eine langsame Verbrennung auffassen, wie Liebig einst gethan hat, und so eine scharfe chemische Unterscheidung zwischen Fäulniss und Verwesung statuiren. Auch

bei der Verwesung sind Fermente das ursächliche Moment und es gehen gewiss auch andere chemische Vorgänge dabei vor sich, wenn auch die Oxydation überwiegt. Hoppe-Seyler drückt sich in diesem Sinne aus, indem er sagt[1]: „Die Unterscheidung von Fäulniss und Verwesung kann festgehalten werden, wenn man dabei nicht aus dem Auge verliert, dass die Verwesung die vereinte Thätigkeit des Fäulnissferments und des durch die Fäulniss activ gewordenen Sauerstoffs ist."

Man hat sich schon immer bemüht ein Princip zu finden, auf welches sich eine Eintheilung der in Rede stehenden Zersetzungsvorgänge in organischen Körpern gründen lässt, wodurch dann eine genaue Unterscheidung gegeben wäre, welche Processe der Fäulniss, welche der Gährung oder der Verwesung oder der Vermoderung angehören. Eine Eintheilung nach chemischen Gesichtspunkten ist indess bis jetzt nicht gelungen.[2] Man thut daher wohl am besten, wenn man Nägeli folgt, der als Eintheilungsprincip die Ursachen der betreffenden Zersetzungen wählt, ohne jedoch damit die Begriffe von Fäulniss etc. bestimmen zu wollen. Nägeli unterscheidet[3]:

1. Die Zersetzung durch Sprosspilze (Wein- und Bierhefe), welcher vorzugsweise die Gährung entspricht.
2. Die Zersetzung durch Spaltpilze oder Fäulnisshefe, wohin namentlich die Fäulniss gehört.
3. Die Zersetzung durch Schimmel, welcher im Allgemeinen die Verwesung entspricht.
4. Die rein chemische, ohne Einwirkung von Organismen erfolgende Zersetzung, welcher einige Vermoderungsprocesse entsprechen.

Die Produkte, welche bei den Zersetzungen organischer Stoffe entstehen, sind, wie sich bei der sehr complicirten Zusammensetzung vieler dieser Körper von selbst ergibt, äusserst mannigfaltig und selbstverständlich von dieser Zusammensetzung abhängig. Am mannigfaltigsten sind sie natürlich bei der Fäulniss der Eiweisskörper, welche ja auch am complexesten zusammengesetzt sind. Es entstehen hierbei: Peptone, Amidosäuren (Glycin, Butalamin, Leucin, Tyrosin), Phenol, Scatol, Indol, flüchtige Fettsäuren (Ameisensäure, Essigsäure, normale und Isobuttersäure, Valeriansäure, Capronsäure), flüchtige organische Basen (Aetylamin, Trimethylamin, Amylamin), sodann

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie v. Hoppe-Seyler, Bd. 2. S. 26.
2) Vergl. Hiller, Die Lehre v. d. Fäulniss. Berlin 1879. S. 10—32.
3) Nägeli, Die niederen Pilze. München 1877. S. 7.

Kohlensäure, Ammoniak, Wasserstoffgas, Schwefelwasserstoffgas und Grubengas. Sehr bemerkenswerth ist es, dass die Produkte, die durch Fäulniss bei Luftabschluss gebildet werden, sich nicht von jenen unterscheiden, welche bei Luftzutritt entstehen, wie denn überhaupt die Fäulnissvorgänge bei Luftzutritt und bei Luftabschluss in gleicher Weise vor sich gehen, nur bei Luftabschluss etwas träger.

II.

Ueber die Zersetzung der Leichen und die dabei in Betracht kommenden Verhältnisse.

Wie bei allen organischen Körpern, so sind auch bei den menschlichen und thierischen Leichen das Maass der Raschheit des Verlaufs, die Erscheinungen und die Form der Zersetzung von verschiedenen Factoren abhängig, von denen das quantitative Verhältniss der Gegenwart von Luft und Wasser und die Temperatur die wesentlichsten sind. Was die Form anlangt, so hat man sich daran gewöhnt, bei der Zersetzung der Leichen zu unterscheiden zwischen Fäulniss und Verwesung, wiewohl man für gewöhnlich den ganzen Vorgang unter der Bezeichnung Verwesung zusammenfasst. Das Unterscheidungsmoment war früher ein rein chemisches, da ja der ganze Process als ein einfach chemischer aufgefasst wurde. Nach Pettenkofer[1]) ist: „Fäulniss ein Zersetzungsprocess organischer Substanzen, wobei neben der faulenden Substanz nur die Elemente des Wassers an der Neubildung von Stoffen Antheil nehmen: der Fäulnissprocess kann deshalb bei Abschluss von Luft, bei blosser Gegenwart von Wasser vor sich gehen, während bei dem Verwesungsprocess die Luft und namentlich der Sauerstoff der Luft eine hervorragende Rolle spielt und einen mächtigen Antheil an der Bildung der Producte der Verwesung nimmt. Während die Fäulniss eine Entmischung bei Gegenwart von Wasser ist, erweist sich die Verwesung als ein Oxydationsprocess, als eine langsame Verbrennung in der Luft bei gewöhnlicher Temperatur und bei Gegenwart von Wasser. Was sich bei der Fäulniss, welche Liebig sehr richtig mit der trockenen Destillation in Parallele gestellt hat, als übelriechender Kohlenwasserstoff entbindet, erscheint bei der Verwesung, die mit der vollständigen Verbrennung vergleichbar ist, als Kohlensäure und Wasser. Die Fäulniss bringt somit Stoffe in die

1) Zeitschrift f. Biologie. Bd. 1. S. 46.

Atmosphäre und ins Wasser, welche diesen fremd bleiben sollen, während eine vollständige Verwesung Stoffe liefert, die ohnehin in jeder Atmosphäre und in jedem Wasser enthalten sind. Das Ideal unserer Todtenbestattung wäre, wenn die Fäulniss gänzlich unterdrückt werden könnte und nur Verwesung (Oxydation) stattfinden würde. Auf diese Weise würden wir die letzten Producte der Verbrennung erhalten und wir würden eine sich zersetzende Leiche ebensowenig in der Luft riechen als wie das Oel, welches wir in einer gut construirten Lampe bei hinreichendem Luftzuge verbrennen. Je mehr wir aber den Luftzug bei einer Lampe beschränken, umsoweniger wird die vollständige Verbrennung möglich sein, umsomehr Producte der trockenen Destillation werden auftreten, welche Luft und Wasser verunreinigen und selbst ungesund machen können."

Wir haben oben gesehen, dass man die Zersetzungsprocesse organischer Stoffe nur zum kleinsten Theile als chemische Vorgänge auffassen darf und dass der grösste Theil derselben biologischer Natur ist. Auch bei der Zersetzung der Leichen ist das letztere der Fall, man thut daher auch hier am besten, die Zersetzungen nach ihren Ursachen zu trennen in solche, welche durch Spaltpilze und in solche, welche durch Schimmelpilze bewirkt werden. Die ersteren entsprechen der Fäulniss, die letzteren der Verwesung.

Die Unterscheidung zwischen Fäulniss und Verwesung der Leichen hat nicht blos wissenschaftliches, sondern auch praktisches Interesse. Seitdem man sich eingehend mit dem Studium der Vorgänge, welche bei der Zersetzung der Leichen sich abspielen und von deren Beziehungen zur Gesundheit der Lebenden befasst hat, war man bestrebt, möglichst Bedingungen herzustellen, welche bewirken, dass die Fäulniss der Leichen hintangehalten, die Verwesung dagegen befördert wird. Auch jetzt noch müssen wir diesen Gesichtspunkt festhalten, denn soviel lässt sich im Allgemeinen sagen, dass wir von der Fäulniss eher nachtheilige Folgen für die Gesundheit zu fürchten haben als von der Verwesung. Die Gründe jedoch, welche für diese Anschauung bestimmend sind, sind heut zu Tage andere als in früherer Zeit.

Die bei der Fäulniss entstehenden Producte haben meist einen sehr intensiven hässlichen Geruch, während bei der Verwesung, wobei die Oxydationsprocesse überwiegen, rascher Verbindungen entstehen, welche weniger unangenehm oder gar nicht riechen. Die bei der Fäulniss gebildeten stinkenden Gase waren es nun vorzugsweise, welchen man früher einen schädlichen Einfluss auf die Gesundheit im Allgemeinen zuschrieb und die man geradezu als die Ursache

specifischer Krankheitsprocesse fürchtete. Es ist nun in der That richtig, dass eine grosse Reihe stinkender Gase wirklich schädliche Wirkungen auf den Organismus ausübt und insofern lässt sich, abgesehen von dem widerlichen Eindruck, welchen der Gestank an und für sich auf den Menschen macht, die allgemeine Scheu vor den Fäulnissgasen bis zu einem gewissen Grade rechtfertigen; allein die Fähigkeit dieser Gase, specifische Krankheitsprocesse hervorzurufen, muss nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse entschieden in Abrede gestellt werden. Dagegen haben wir es bei der Fäulniss mit Mikroorganismen zu thun, den Spaltpilzen, welche gewiss krankmachende Wirkungen auszuüben vermögen, während die die Verwesung vermittelnden Schimmelpilze als relativ ungefährlich bezeichnet werden können.[1])

Ob sich die Zersetzung einer Leiche durch die Wirkung von Schimmel- oder Spaltpilzen vollzieht, hängt davon ab, welche von beiden günstigere Existenzbedingungen finden. Wie in der belebten Welt überall, so findet, wie Nägeli gezeigt hat, auch bei den niederen Pilzen eine Concurrenz, ein Kampf ums Dasein statt, dessen Ergebniss immer das ist, dass diejenige Pilzgattung, für deren Entwicklung und Fortpflanzung die Bedingungen günstiger sind, die anderen vollständig verdrängt und so lange das Feld behauptet, bis sich für sie selbst die Existenzbedingungen ungünstig gestalten, worauf dann eine andere Pilzform sich in dem betreffenden Medium entwickelt und die vorhergehende völlig verdrängt. Es handelt sich daher in unserem Falle um die Frage, welche Bedingungen für die Existenz der Schimmel- und welche für jene der Spaltpilze günstiger sind. Die Schimmelpilze vermögen ohne freien Sauerstoff nicht zu leben, die Spaltpilze dagegen können ohne denselben Gährwirkungen ausüben und bei guter Nahrung wachsen und sich vermehren. Sowohl die Schimmel- als die Spaltpilze bedürfen zum Leben einer gewissen Menge von Wasser, indess die Spaltpilze einer grösseren als die Schimmelpilze; diese letzteren können daher in einer concentrirteren Nährsubstanz leben als die Spaltpilze. Die Vegetation der Schimmelpilze gegenüber den Spaltpilzen wird begünstigt durch den Zutritt von Sauerstoff, durch höhere Concentration der Nährlösung (resp. Austrocknen), durch grössere Mengen von Säuren und Salzen.[2]) Was die Temperatur betrifft, so ist eine Wärme von 20—40° dem Leben sowohl der Spalt- als der Schimmelpilze am günstigsten.

Betrachtet man nach diesen Auseinandersetzungen die Verhält-

1) Nägeli, Die niederen Pilze. S. 38—40.

2) Ebenda. S. XV u. XVI.

nisse, unter welchen sich eine nach dem gewöhnlichen Modus begrabene Leiche befinden kann, so muss man gewiss zugeben, dass dieselben sehr verschiedenartig sein können. Es liegt daher auch sehr nahe anzunehmen, dass der Zersetzungsprocess, sowohl was die Form als die Dauer des Verlaufes betrifft, sich sehr verschieden gestaltet. Es fehlt indess, wenigstens rücksichtlich des ersteren Punktes, gänzlich an positiven Kenntnissen, in welchem Grad und in welcher Weise modificirend die verschiedenen Bedingungen auf den Verlauf oder die Form der Zersetzung einwirken, mit anderen Worten: welchen Einfluss sie auf die Zeitdauer und die Reihenfolge der einzelnen Erscheinungen und Vorgänge hierbei auszuüben vermögen. Auch die in der jüngsten Zeit durch Exhumationen angestellten Untersuchungen der amtlichen Aerzte in Sachsen [1]), welche hinsichtlich vieler das Beerdigungswesen betreffender Fragen volle Beachtung verdienen, geben in dieser Beziehung keine bestimmten Aufschlüsse, hauptsächlich aus dem Grund, weil die meisten Aufgrabungen erst zu einer Zeit gemacht worden sind, wo der Zersetzungsprocess der Weichtheile schon abgelaufen war. Es lässt sich jedoch im Allgemeinen daraus schliessen und wird auch durch die Ergebnisse der Exhumationen, welche Moser [2]) beobachtet hat, bestätigt, dass der Zersetzungsprocess in der Weise vor sich geht, dass er in jedem Falle durch stinkende Fäulniss eingeleitet wird; allmählich beginnt dann eine Vertrocknung der Leiche theils dadurch, dass Wasser verdunstet, theils indem die bei der Maceration der Weichtheile gebildete, aus dem Leichnam austretende Flüssigkeit vom Boden aufgesaugt wird; während dieser Zeit tritt sehr häufig Schimmelbildung auf, oder aber es erfolgt eine Modification des Fäulnissprocesses, wobei nur mehr wenig riechende, moderige Producte entstehen, bis endlich nur mehr humusartige Reste und die Knochen übrig sind.

Durch die Beobachtungen der sächsischen Bezirksärzte (a. a. O.) ist festgestellt, dass die Dauer der stinkenden Fäulniss und auch jene des ganzen Leichenzersetzungsprocesses niemals so lange andauert, als man es früher unter Umständen für möglich hielt. Bei älteren Autoren finden sich vielfach Angaben, dass zuweilen nach einer langen Reihe von Jahren die Weichtheile begrabener Leichen zum Theil noch nicht ganz zerstört oder sogar noch in stinkender

---

1) 11. Jahresbericht des Landes-Medicinal-Collegiums über das Medicinalwesen im Königreich Sachsen auf das Jahr 1879. Leipzig 1881. F. C. W. Vogel. S. 148—181. Beobachtungen über die Zersetzungsvorgänge in den Gräbern und Grüften der Friedhöfe, zusammengestellt von Dr. Reinhard.

2) Aerztliches Intelligenzblatt 1866. S. 50.

Fäulniss begriffen gefunden werden, und Rieke[1]), der eine Zusammenstellung solcher Angaben gemacht hat, führt Mittheilungen an, denen zu Folge an Leichen, die vor 25 und mehr Jahren begraben worden waren, sich derartige Erscheinungen gezeigt haben sollen, oder wo Friedhöfe, auf welchen seit 30 Jahren und länger nicht mehr beerdigt worden war, deutlich Verwesungsgeruch erkennen liessen. Die in den verschiedensten Gegenden Sachsens von den Bezirksärzten gemachten 150 Exhumationen dagegen führten zu folgenden Resultaten: Bei Exhumationen wird ein Leichengeruch in der Regel nur während der ersten Monate nach der Beerdigung wahrgenommen, aber auch nicht immer. Unter 9 Beobachtungen, welche Exhumationen betreffen von vor weniger als 1 Jahr Begrabenen wird nur 3 mal, und zwar in Fällen, wo die Leichen seit 3 Monaten und weniger begraben waren, das Vorhandensein der Fäulnissgerüche angegeben, 4 mal ausdrücklich das Fehlen derselben constatirt und 2 mal fehlen entsprechende Angaben. In allen übrigen Fällen, wo eine längere Zeit als ein Jahr seit der Beerdigung vergangen war, wird das Fehlen des Leichengeruches constatirt oder wird nichts darüber gesagt. Nur 2 Fälle bilden eine Ausnahme. Bei dem einen, der nach 2 Jahren 8 Monaten exhumirt wurde, fehlte jeder Geruch, erst als die in Adipocire verwandelten Bauchdecken eingestossen wurden, entströmte der Bauchhöhle ein intensiver Fäulnissgeruch. Der andere Fall betrifft eine in feinem Sand vor 1 Jahr und 5 Monaten begrabene Leiche eines Mannes, wobei die Zersetzung der Weichtheile noch ziemlich rückständig war und wo beim Oeffnen des Sarges sich starker Leichengeruch verbreitete. Auch Moser[2]), der auf einem Friedhof 45 Leichen exhumirte, welche zwischen 20 und 3 Jahren im Grabe gelegen waren, erwähnt ausdrücklich, dass die ganze Exhumirung keinen übeln Geruch verbreitete und nur einige Leichen von späteren Jahren bei näherer Inaugenscheinnahme einen schwachen Modergeruch von sich gaben. Ich glaube, man muss Reinhard ganz Recht geben, und es erklärt dies auch den Widerspruch zwischen den älteren und neueren Angaben, von denen die ersteren vielfach auf Aussagen der Todtengräber fussen, wenn Reinhard sagt[3]): „Es scheint übrigens als dürfe man sich in diesem Punkte auf die Aussagen der Todtengräber nicht zu sehr verlassen. Wenn, wie einige

1) Ueber den Einfluss der Verwesungsdünste etc. Stuttgart, Hofmann 1840. S. 107 u. ff.

2) Aerztliches Intelligenzblatt 1866. Nr. 4 u. 5.

3) 11. Jahresbericht des sächs. Landes-Medicinal-Collegiums auf das Jahr 1879. Leipzig 1881. F. C. W. Vogel. S. 170.

Bezirksärzte mittheilen, ihnen von Todtengräbern gesagt worden sei, dass bei Eröffnung von vor 11, 14 oder 16 Jahren belegten Gräbern ein unerträglicher Fäulnissgeruch ausströme, so ist das gänzlich unglaubwürdig (es wäre denn, dass dicht daneben oder nur durch eine dünne Erdschicht getrennt, sich ein vor Kurzem belegtes Grab befinde), wie es denn auch den von den Bezirksärzten gemachten eigenen Erfahrungen widerspricht. Es mag solchen Aussagen wohl mehr eine Art von Prahlerei zu Grunde liegen."

Auch was die Dauer des Zersetzungsprocesses der Weichtheile bis zu deren vollständiger Beendigung betrifft, so sind die früheren Angaben über einen auf 25 Jahre und länger protrahirten Verlauf der Fäulniss gewiss unrichtig, wenigstens insofern es sich dabei wirklich um Fäulniss und nicht um Adipocirung oder Mumification handelt. Die Untersuchungen in Sachsen[1]), welche Leichen betrafen, die unter den allerverschiedensten Bedingungen sich im Grabe befunden hatten, haben ergeben, dass, gewisse Ausnahmen abgerechnet, welche sich jedoch fast ausschliesslich auf die Bildung von Leichenwachs oder das Zurückbleiben von Gehirnüberresten beziehen und im Ganzen nicht ins Gewicht fallen, in durchlässigem Sand- oder Kiesboden die Kinder nach 4, die Erwachsenen nach 7 Jahren, im undurchlässigen Lehm die Kinder nach 5, die Erwachsenen nach 9 Jahren vollständig bis auf die Knochen zersetzt waren.

Wenn nun auch hieraus folgt, dass die Differenzen in der Dauer der Zersetzung nicht so gross sind, als man früher angenommen hat, so ergibt sich dennoch, dass in der That Unterschiede vorhanden sind und gewiss ist dies auch hinsichtlich der Form des Verlaufes der Fall. Wir müssen uns also darnach umsehen, von welchen Umständen sich eine ursächliche Einwirkung in der Richtung auf derartige Modificationen erwarten lässt. Nach dem weiter oben Angegebenen sind diejenigen Momente, auf welche es hier im Wesentlichen ankommt, das quantitative Verhältniss der Gegenwart von Luft und Wasser und die Temperatur.

Es ist oben darauf hingewiesen worden, dass die Zersetzung durch die Spaltpilze rascher verläuft bei Gegenwart von freiem Sauerstoff als ohne diesen, ferner, dass die Schimmelpilze ohne freien Sauerstoff überhaupt nicht zu gedeihen vermögen und dass durch höhere Concentration des Ernährungsmaterials die Schimmelbildung gegenüber den Spaltpilzen begünstigt wird. Es muss daher Alles,

---

1) 11. Jahresbericht des sächs. Landes-Medicinal-Collegiums auf das Jahr 1879. Leipzig 1881. F. C. W. Vogel. S. 148—181.

was den Zutritt von Sauerstoff oder die Austrocknung der Leichen hemmt oder gänzlich verhindert, einerseits den Ablauf der Fäulniss in die Länge ziehen und andererseits deren Uebergang in geruchlose Verwesung retardiren, oder überhaupt einen normalen Verlauf des Zersetzungsprocesses beeinträchtigen.

Indem wir nun zur Besprechung jener Factoren übergehen, welche von Einfluss auf die in Betracht kommenden Elemente sein können, beginnen wir mit der Bekleidung der Leiche als demjenigen, was sie zunächst umgibt. Die Kleider hemmen den Luftzutritt zur Leiche wohl nur dann in erheblichem Maasse, wenn sie mit Flüssigkeit imprägnirt werden; dies kann entweder dadurch geschehen, dass Wasser von aussen in das Grab eindringt oder dass Flüssigkeit aus der Leiche austritt, was bei dem Macerationsprocess der Weichtheile regelmässig erfolgt. Casper[1]) hat darauf aufmerksam gemacht, dass bei Leichen, die im Wasser gelegen sind, Körpertheile, welche von eng anliegenden Kleidungsstücken, z. B. Stiefeln, umgeben sind, oft noch ganz frisch sind, während die übrige Leiche schon stark in Fäulniss übergegangen ist.

Nach den Beobachtungen von Créteur[2]) in den Gräbern des Schlachtfeldes von Sedan, verzögert die Kleidung den Zersetzungsprocess ziemlich beträchtlich. Er fand, dass selbst in permeabelem Boden die mit Tuch bekleideten Körper noch vollständig intact waren, während die Gesichter und Hände schon sehr durch Fäulniss verändert waren. Nach seinen Beobachtungen scheint Baumwolle eine stärker conservirende Wirkung zu haben als Leinwand. Es ist jedoch zu erwähnen, dass Créteur die Aufgrabungen im Frühjahr (März—Mai) gemacht hat, und dass die Wirkung der Bekleidung daher vielleicht zum grossen Theil dem Umstand zugeschrieben werden muss, dass die Kleider bei der meist sehr geringen Dicke der die Gräber bedeckenden Bodenschichte während des ganzen Winters nass gewesen sind. Ausserdem dürfte der Einfluss, welcher durch die Kleidung bei begrabenen Leichen ausgeübt wird, doch ein weniger hochgradiger sein, da die Kleidungsstoffe, wenn sie trocken sind, der Luft sehr leicht Durchgang gestatten.

Die Kleidungsstücke widerstehen der Zerstörung im Allgemeinen viel länger als die Weichtheile der Leiche, und man findet sie nicht selten in Särgen, wo von den letzteren nur mehr Humusreste übrig

---

1) Praktisches Handbuch der gerichtl. Medicin. Neu bearbeitet u. vermehrt von Dr. Liman. 5. Aufl. 1871. Bd. 2. S. 34.

2) L'Hygiène sur les champs de bataille. Paris 1871. Baillière. p. 27.

sind, in erkennbarem Zustande, wenn auch zum Theil morsch, zerreisslich und dunkel gefärbt.[1])

Wichtiger als die Bekleidung ist der Sarg. Die gegenwärtig gebräuchlichen Särge verzögern gewiss alle die Leichenzersetzung, da sie den Zutritt von Luft zur Leiche und das Austrocknen sehr erschweren. Bei den Särgen ist bis jetzt vorzüglich das Material in Betracht gezogeu worden, aus welchem sie gemacht sind, insofern hierdurch die Grösse des Gasaustausches beeinflusst werden kann. Wenn man von dem Umstand absieht, dass wohl der grösste Theil des Luftwechsels nicht durch die Wände des Sarges, sondern durch Fugen und Ritzen erfolgt, so muss es als wahrscheinlich angesehen werden, dass in Särgen aus weichem Holz die Leichenzersetzung und namentlich auch der Eintritt der Verwesung weniger verzögert wird, als in solchen aus hartem, denn einerseits ist weiches Holz durchlässiger für Luft als hartes (wenigstens über Hirn[2])), und andererseits saugt es auch wegen seiner grösseren Porosität Flüssigkeit leichter auf und lässt sie leichter durch sich hindurchtreten. Indess muss es doch mit Rücksicht auf die Ergebnisse von Exhumationen unentschieden bleiben, ob der Unterschied zwischen Hölzern beider Sorten im Effect wirklich so gross ist als man theoretisch annehmen könnte. In den von Reinhard zusammengestellten Beobachtungen der sächsischen Bezirksärzte (a. a. O.) ist nirgends eines Einflusses der Särge auf die Raschheit oder die Art der Leichenzersetzung Erwähnung gethan, es wird nur angegeben, dass der Zerfall der Särge verschieden eintritt, je nachdem sie aus starken oder schwachen Brettern, aus weichem oder hartem Holz gemacht und in sehr trockenem oder feuchtem Boden gestanden sind. Es muss daher angenommen werden, dass ein irgend merklicher Einfluss der Qualität des Sarges auf die Leichenzersetzung nicht zu constatiren war, denn es wäre doch auffallend, dass bei 150 Exhumationen die Aufmerksamkeit nicht auf diesen Punkt gelenkt worden wäre, wenn wirklich ein erheblicher Einfluss vorhanden wäre. Noch merkwürdiger aber ist der Schluss, zu welchem Moser auf Grund von 45 Leichenausgrabungen kommt. Moser sagt[3]): „Der Sarg, beziehungsweise die Güte oder Schlechte des dazu verwendeten Holzes, spielt bei dem Verwesungsvorgange eine bedeutende Rolle, indem ich mich stets überzeugen konnte, dass Särge

1) Beobachtungen über die Zersetzungsvorgänge in den Gräbern u. Grüften der Friedhöfe, zusammengestellt von Dr. Reinhard. 11. Jahresber. über das Medicinalwesen in Sachsen auf das Jahr 1879. Leipzig 1881. F. C. W. Vogel. S. 174.

2) Lang, Ueber natürliche Ventilation etc. Stuttgart. Meyer u. Zeller 1877. S. 81 u. 82. 3) Aerztliches Intelligenzblatt 1866. Nr. 5. S. 67.

von gutem, ausgetrocknetem Kernholze, die länger der Fäulniss widerstanden, und Särge, die fest und möglichst luftdicht verschlossen waren, stets eine schnellere und geruchlosere Verwesung ihres Inhaltes zu Stande brachten, als solche, die schnell faulten oder leicht aus ihren Fugen gingen. Demgemäss wäre stets auf Särge vom besten, trockenen und, wenn möglich, hartem Holz, sowohl der schnelleren Faulung der Leichen, als auch des Minimum der Ausdünstung wegen, Bedacht zu nehmen."

Särge aus undurchlässigem Material, wie Metall, Stein, Glas u. s. w., kommen bezüglich des hygienischen Interesses im Ganzen weniger in Betracht, da sie verhältnissmässig nur selten zur Verwendung kommen und dann gewöhnlich in geschlossenen Grüften aufgestellt werden. Wie sich derartige Särge hinsichtlich ihres Einflusses auf die Leichenzersetzung verhalten, muss wohl von der Dichtigkeit des Verschlusses abhängig gemacht werden. Man hat bisher immer die Ansicht vertreten und bis zu einem gewissen Grad wohl mit Recht, dass sie die Fäulniss sehr in die Länge ziehen und in manchen Fällen auch die Leichenwachsbildung begünstigen, indess berichtet Reinhard[1]) eine Beobachtung, der zu Folge von der Leiche einer 34 jährigen, in einem Zinksarg in einer Gruft beigesetzten Frau, bei der nach 11 Monaten erfolgten Wiedereröffnung des Sarges die Weichtheile bereits zerstört und die Knochen nur lose zusammenhängend gefunden wurden.

Hinsichtlich der Einwirkung, welche die Särge im Allgemeinen auf den Leichenzerstörungsprocess ausüben, muss übrigens, wie ich glaube, auf einen Gesichtspunkt aufmerksam gemacht werden, der mir bis jetzt zu wenig beachtet worden zu sein scheint, nämlich dass durch die Särge auch Bedingungen geschaffen werden können, welche dazu angethan sein dürften, die Zersetzung zu beschleunigen. Der Sarg bildet einen Hohlraum, in welchem die Leiche mit einem grossen Theil ihrer Oberfläche in directer Berührung mit Luft steht, und der insbesondere dann, wenn der Sargdeckel gewölbt ist, ein ziemliches Quantum Luft in sich einschliessen kann. Um eine ohne Sarg beerdigte Leiche dagegen wird sich sehr rasch durch die aus ihr austretende Flüssigkeit in Verbindung mit den Bodenbestandtheilen eine dicke, schmierige Schichte bilden, welche sie ganz einschliesst und den Luftzutritt und die rasche Austrocknung verhindert. Aber selbst wenn dies nicht der Fall wäre, oder nach dem Abtrocknen dieser Hülle, kann doch jedenfalls der Luftraum, welcher die Leiche direct

1) A. a. O. S. 162. Beob. 57.

umgibt, im letzteren Falle nur ein viel kleinerer sein, da der grössere Theil der Umgebung aus Bodenpartikeln besteht. Ausserdem schützt der Sargdeckel die Leiche vor Befeuchtung von oben und es wird dadurch die Austrocknung der Leiche und in Folge dessen der Uebergang von Fäulniss in Verwesung befördert. Es darf daher, meiner Meinung nach, die Behauptung, dass das Begraben ohne Sarg, wegen der grösseren Raschheit der Zersetzung der Leiche, jenem mit Sarg vorzuziehen sei, doch nicht mit der Bestimmtheit aufgestellt werden, wie es gewöhnlich geschieht, ich glaube vielmehr, dass in einem Sarge, dessen Wände den Luftzutritt in ausgiebiger Weise gestatten, die Zersetzung der Leiche mindestens ebenso schnell erfolgt, als bei der Lagerung auf den blossen Boden. Hinsichtlich der Beschaffenheit der Särge siehe unten.

In dieser Frage, wie in so vielen hier einschlägigen, sind unsere thatsächlichen Kenntnisse noch ziemlich geringfügige und unbestimmte, und es können nur durch künftige experimentelle Forschungen Aufschlüsse gewonnen werden, welche uns Gewissheit über diese, für das Beerdigungswesen wichtigen Angelegenheiten bringen. Es sind übrigens auch schon von Fleck Untersuchungen angestellt worden, die, wenn sie auch nicht direct den Zweck hatten die in Rede stehende Frage zu klären, Resultate ergeben haben, welche sehr zu Gunsten der zersetzungsbeschleunigenden Wirkung der Särge sprechen. Fleck[1]) hat gefunden, dass in der Grundluft über Gräbern die Zunahme des Kohlensäuregehalts proportional mit der Abnahme der Sauerstoffmenge einhergeht. Es muss daher unter sonst gleichen Verhältnissen in einem der Grösse nach gleichen Raume immer absolut mehr freier Sauerstoff enthalten sein, wenn derselbe ganz von Luft, als wenn er zum Theil mit Boden erfüllt ist. Auch die oben angeführte Beobachtung Moser's, dass in Särgen aus gutem, festem Holz die Verwesung schneller und geruchloser vor sich ging, muss in der Weise erklärt werden, dass starke Särge, einerseits wegen ihrer grösseren Tragfähigkeit und andererseits, weil sie viel langsamer verfaulen, weniger leicht von der auf ihnen lastenden Bodenschichte eingedrückt werden und dadurch das Eindringen von Bodenpartikeln und somit die Verkleinerung des Luftraumes im Inneren verhüten.

Von weitaus grösserer Bedeutung als die bisher genannten Momente ist die Beschaffenheit des Bodens für den Ablauf des Zersetzungsprocesses der Leichen. Das erste Erforderniss in dieser Richtung ist, dass der Boden trocken ist. Allein auch im trockenen

1) 3. Jahresbericht der chem. Centralstelle f. öffentl. Gesundheitspflege in Dresden. S. 40.

Zustand zeigen die verschiedenen Bodenarten die grössten Verschiedenheiten in Beziehung auf ihre Durchlässigkeit für Luft. Es kommt hierbei nicht so sehr auf die Porosität des Bodens im Allgemeinen an, d. h. auf die Grösse des Gesammtvolumens der mit Luft erfüllten Räume (Porenvolum, Renk), die Grösse der Permeabilität des Bodens ist vielmehr am wesentlichsten abhängig von der Weite der Poren, so zwar, dass, wie Renk[1]) nachgewiesen hat, beim Vergleich zweier Bodenarten von verschiedener Korngrösse, durch gleiche Volumina mit gleichem Querschnitt, und unter gleichem Druck und bei ganz gleichem Porenvolum, Luftmengen hindurchtreten, welche um das 20 000 fache verschieden sein können. Je feinmaschiger der Boden ist, um so grössere Widerstände bietet er dem Durchtreten der Luft dar. — Nächst der Weite der Poren ist selbstverständlich die Dicke der die Leichen bedeckenden Bodenschichte von Einfluss auf die Luftmengen, welche in das Grab gelangen können. Durch die Versuche von Fleck[2]), Renk (a. a. O.) und Ammon[3]) ist nachgewiesen worden, dass das durch Boden in Folge von Aspiration oder Druck durchtretende Luftvolum ceteris paribus der Höhe der Bodenschichte umgekehrt proportional ist. Jedoch ist dieses Gesetz nach Renk's Versuchen nur so lange gültig, als es sich um Geschwindigkeiten von 0,062 Meter pro Secunde handelt. Bei grösseren Geschwindigkeiten nehmen die geförderten Luftmengen in geringerem Verhältnisse ab, als die Dicke der Schichte wächst. Ammon dagegen lässt obiges Gesetz nur für grobkörnigen Boden gelten, während bei feinkörnigem die Luftmengen in geringerem Verhältniss abnehmen, als die Dicke der Schichte beträgt. — Für unseren Fall lässt sich aus diesen Untersuchungen der Schluss ziehen, dass unter sonst gleichen Verhältnissen die Zersetzung der Leichen um so langsamer vor sich geht, je tiefer das Grab ist. Ob die von Rieke[4]) aufgestellte Behauptung, dass Leichen, die sich in sehr bedeutender Tiefe befinden, sich vollkommen frisch erhalten, richtig ist, dürfte denn doch etwas fraglich erscheinen, wenn man berücksichtigt, dass wenn sich diese Voraussetzung bewahrheiten würde, doch dann und wann die Auffindung conservirter Menschen- und Thierleichen aus uralter Zeit, in Bergwerken oder tiefen Schachten,

1) Ueber die Permeabilität des Bodens für Luft. Zeitschr. f. Biologie. 15. Bd. S. 205—242.

2) 2. Jahresbericht der chem. Centralstelle f. öffentl. Gesundheitspflege in Dresden 1873. S. 38.

3) Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik von Wollny. 3. Bd. S. 209—241.

4) Ueber den Einfluss der Verwesungsdünste etc. Stuttgart 1840. S. 138.

wie sie zu anderen Zwecken getrieben werden, sich ereignen müsste. In dem Fall, welchen Rieke im Auge hat, handelt es sich wohl um Adipocirebildung.

Einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Vermehrung der Permeabilität des Bodens für Luft übt die Auflockerung desselben (Renk, Ammon). Dies ist insoferne von Wichtigkeit hinsichtlich der Gräber, als Renk (a. a. O.) gefunden hat, dass bei feineren Korngrössen die Zunahme der Permeabilität in Folge der Auflockerung eine viel bedeutendere ist, als bei grobkörnigen. Die durch die geringere Weite der Poren herbeigeführte geringere Durchlässigkeit des Bodens kann daher durch lockere Aufschüttung der den Sarg bedeckenden Schichte wieder einigermassen ausgeglichen werden. Durch Gefrieren des Bodens wird seine Permeabilität herabgesetzt und zwar stärker, als der Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren entspricht, wie ebenfalls Renk (a. a. O.) experimentell nachgewiesen hat. Er sucht diese Erscheinung dadurch zu erklären, dass das Wasser in gefrorenem Zustand in den Hohlräumen des Bodens nicht mehr beweglich ist und daher nicht mehr verschoben werden kann, was beim flüssigen Wasser möglich ist, wenn Luft unter Druck durch den Boden geleitet wird. Auf diese Weise erklärt sich auch die Thatsache, dass weitmaschige Bodenarten durch das Gefrieren viel weniger von ihrer Permeabilität verlieren, als engmaschige, welche letztere unter Umständen vollständig impermerbel werden können.

Es muss hier noch auf einen Umstand hingewiesen werden, der, wie verschiedene Beobachtungen in neuerer Zeit ergeben haben, verzögernd auf die Dauer der Leichenzersetzung einwirkt. Es ist dies eine schon lange dauernde Benutzung eines Kirchhofes. Je humusreicher ein Gottesacker durch die Reste der Leichenzersetzung wird, desto enger werden seine Poren, desto langsamer trocknet der Boden nach einem Regen, und die beständige weitere Verwesung des Humus tritt mit der Verwesung der Leichen in Concurrenz, indem beide zugleich ihre Ansprüche an den in der Luft des Bodens enthaltenen Sauerstoff erheben und befriedigen müssen. Von Beobachtungen, welche die längere Dauer der Zersetzung auf älteren Kirchhöfen beweisen, wird eine von Pettenkofer[1]) angeführt: In München befinden sich der alte und der neue (südliche) Gottesacker unmittelbar nebeneinander und haben ursprünglich ganz gleichen Boden. Indess hat es sich, als man beide nebeneinander

---

1) Ueber die Wahl der Begräbnissplätze. Zeitschr. f. Biologie. Bd. 1. S. 64.

benutzte, herausgestellt, dass auf dem neuen Gottesacker die Leichen beträchtlich schneller verwesen, als auf dem alten. — In gleichem Sinn fielen Beobachtungen aus, welche Kiene[1]) angestellt hat. Er fand bei Exhumationen in 3 Kirchhöfen von gleicher Bodenbeschaffenheit, welche verschieden lange Zeit (18, circa 500 und mehr als 600 Jahre) benutzt wurden, dass sich schmierige, die Knochen überziehende, noch weiter zersetzbare Reste organischer Materie noch fanden, in dem jüngsten zu Probsteihagen im 13., in dem alten zu Barkau im 16. und im ältesten zu Schönberg noch im 20. Jahre.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass einer der wichtigsten Factoren für die Durchlässigkeit des Bodens für Luft, dessen physikalische Aggregation, die die Weite der Poren bedingende Grösse der Bodenpartikeln ist. Nur von untergeordneterer Bedeutung ist die chemische Zusammensetzung des Bodens, indess hat Ammon[2]) gefunden, dass von den verschiedenen Hauptgemengtheilen der Thon und ähnlich beschaffene Böden (Kreide u. s. w.) die geringste, die sandigen Böden die grösste Permeabilität für Luft besitzen und ferner, dass diese grosse Permeabilität des Sandes durch die Zuführung verhältnissmässig geringer Mengen von Lehm in ausserordentlichem Grade reducirt wird. Von grösster Bedeutung sind die Versuche von Fleck[3]), welche ein klares Bild über die Verschiedenheit der Grösse des Luftwechsels in verschiedenen Bodenarten geben. Er fand bei versuchsweise angelegten Gräbern, dass der Gasaustausch am langsamsten vor sich gehe im Lehmboden, dann folgt Sand, am raschesten in grobkörnigem Kies.

Wie schon oben angedeutet, wird die Luftdurchlässigkeit des Bodens am wesentlichsten alterirt durch seinen Wassergehalt und zwar nicht durch die Menge des dampfförmig vorhandenen, sondern vielmehr durch jene des mechanisch festgehaltenen tropfbar flüssigen Wassers oder mit anderen Worten durch den Feuchtigkeitsgrad des Bodens, da derselbe einen vollständig hermetischen Verschluss herbeiführen kann. Auf die Durchfeuchtung des Bodens sind, wenn man von der Quantität des Wassers, welche demselben zugeführt wird und die natürlich hierbei in erster Linie in Betracht kommt, absieht, vorzüglich von Einfluss: Seine Wassercapacität, d. h. seine Kraft eingedrungenes Wasser in längeren Säulen festzuhalten, einer- und die capillare

---

1) Beobachtungen über die Sättigung der Kirchhofserde. Vierteljahrschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. N. F. Bd. 23. 1875. S. 352.

2) A. a. O. S. 231 u. 232.

3) 3. Jahresbericht d. chem. Centralstelle f. öffentl. Gesundheitspfl. in Dresden. S. 37—44 und 4. u. 5. Jahresbericht. S. 46—53.

Wasserleitung andrerseits. Die Wassercapacität des Bodens nimmt bei gleicher chemischer Beschaffenheit zu mit der Feinheit der Poren (Renk a. a. O.) und wird wesentlich herabgedrückt durch das Vorhandensein einer grossen Zahl nicht capillarer Räume, d. h. durch eine krümelige Beschaffenheit der Masse (v. Klenze).[1]) Die Permeabilität für Luft vermindert sich dagegen im geraden Verhältniss zur Menge des aufgenommenen Wassers. Engmaschige Bodenarten können daher vollständig impermeabel werden, während bei weitmaschigen der Verlust an Permeabilität ein sehr geringer ist (Renk l. c.). Zu bemerken ist noch, dass bei Durchfeuchtung von unten, also beim Aufsteigen des Grundwassers, der Effect auf die Permeabilität immer noch stärker hervortritt, als bei Durchfeuchtung von oben durch Regen (Renk l. c.). Im ersteren Falle werden eben die luftführenden Räume alle mit Wasser gefüllt, was im letzteren Falle nicht mit der Vollständigkeit geschieht. v. Liebenberg[2]) fand bei einer mit natürlichen Böden angestellten Versuchsreihe, dass die Böden eine um so grössere Wassercapacität zeigen, je feinerdiger sie sind, je gleichmässiger ihre Zusammensetzung und je mehr Thon und Humus sie besitzen, also je poröser sie sind. Danach haben Sandböden eine geringe, Lehmböden eine grössere und Thon- sowie humöse Böden die grösste Sättigungscapacität.

Die capillare Wasserleitung im Boden wirkt zum grossen Theile bestimmend einestheils auf die Höhe resp. Tiefe, in welche Wasser in den Boden eindringt, anderntheils auf die Schnelligkeit, womit dies geschieht. Sie ist hauptsächlich abhängig von der Feinheit der Bodenpartikeln, indess äussert doch auch die chemische Beschaffenheit des Bodens einen Einfluss auf dieselbe.[3]) Die capillare Hebung erfolgt in jedem Boden um so langsamer, je grösser die Zahl der in ihm vorhandenen nicht capillaren Räume ist und umgekehrt (Klenze). Die Bodencapillarräume von einer bestimmten Grösse leiten das Wasser am besten, während einerseits kleinere wegen vermehrten Reibungswiderstandes, welchen die Bodenpartikeln dem Aufsteigen des Wassers entgegenstellen und andererseits grössere, wegen der ebenfalls die Capillarität beeinträchtigenden Schwere der gehobenen Wassersäule, das Wasser schlechter leiten. Die capillare Erhebung des Wassers erfolgt daher bis zu einer gewissen Grenze um so langsamer, in je feinerem Zustand sich

---

1) v. Klenze, Ueber die capillare Wasserleitung im Boden etc. Bauwirthschaftl. Jahrbücher von Nathusius u. Thiel. Bd. 6. 1877. S. 83—131.

2) Ueber den gegenwärtigen Stand der Bodenphysik. Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik. Herausgegeben von Wollny. 1. Bd. S. 3.

3) v. Klenze a. a. O.

die Bodenpartikeln befinden. Ist diese Grenze überschritten, so findet das umgekehrte Verhältniss statt (Klenze). Das Wasser wird im Boden um so höher gehoben, je weniger nichtcapilläre Räume in demselben vorhanden sind. Die Steighöhe von Wasser im Boden kann eine sehr beträchtliche sein und, wie aus den Versuchen v. Klenze's hervorgeht, bis nahe an 2 Meter betragen. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte Orth.[1]) Es ist diese Thatsache von grosser Wichtigkeit, weil die Bodenschichten, in welchen sich die Leichen nach der Beerdigung befinden, auf solche Weise durch das unterhalb befindliche Grundwasser stark durchfeuchtet werden können. — Klenze hat ferner gefunden[2]), dass die das Wasser von unten her langsam leitenden Bodenconstituanten ein gleiches Verhalten zeigen, wenn ihnen das Wasser von oben her zugeführt wird, ferner dass der Boden in allen Fällen im festen Zustand das Wasser von oben nach unten beträchtlich langsamer leitet als im lockeren und dass überhaupt das Sinken des Wassers im Boden um so schneller vor sich geht, je mehr nichtcapilläre Räume in demselben enthalten sind.

Die grosse Wichtigkeit der beiden letztgenannten Momente: der Wassercapacität und der capillaren Wasserleitung fällt sofort in die Augen, wenn man bedenkt, dass in einer Bodenart der Wassergehalt um so grösser wird auf Kosten des Luftgehaltes, je grösser die Wassercapacität ist und dass auf der andern Seite Boden um so rascher austrocknet und um so trockener von unten ist, je weniger die Capillarität beim Durchtritt des Wassers in Betracht kommt, d. h. je grobporiger er ist, denn es fliesst dann das Wasser schneller nach unten ab und wird viel langsamer und weniger hoch von unten gehoben. Die Untersuchungen von Renk und v. Klenze zeigen, dass auch in Beziehung auf Wassercapacität und capillare Wasserleitung vorzüglich wieder die physikalisch wirkenden Kräfte den Ausschlag geben. Indessen übt, wie Klenze nachgewiesen hat, doch auch die chemische Beschaffenheit des Bodens einen nicht unerheblichen Einfluss. Aus seinen Versuchen ergibt sich, dass Wasser in Quarzstaub in derselben Zeit durch capillare Leitung auf eine Höhe von 96 Cm. gehoben wurde, in welcher es in Marmorstaub nur auf 77,8 Cm. und in Kaolin gar nur auf 34,0 Cm. gestiegen war. Auch von Schwarz sind hinsichtlich der Permeabilität chemisch verschiedener Bodenarten für Wasser Versuche angestellt worden[3]), die jedoch, namentlich was

---

1) Amtlicher Bericht der 50. Versammlung deutscher Naturforscher etc. München 1877. S. 349.

2) Klenze a. a. O.

3) A. v. Schwarz, Beiträge zur Kenntniss des Moorbodens. 1. Bericht über

unseren Gegenstand hier betrifft, wie die meisten früheren diesen Gegenstand betreffenden Untersuchungen, an dem Fehler leiden, dass bei den Experimenten Bodenschichten von nur sehr geringer Mächtigkeit (10—20 Cm.) angewendet wurden. Schwarz kommt indess, was die Bedeutung der chemischen Zusammensetzung des Bodens im Allgemeinen anlangt, zu demselben Resultat wie Klenze, nämlich dass dieselbe einen Einfluss auf die Permeabilität des Bodens für Wasser ausübt. Von Liebenberg[1]) wird dagegen der Einfluss der chemischen Zusammensetzung geläugnet und werden die sich ergebenden Unterschiede ganz den physikalischen Verschiedenheiten zur Last gelegt. Von wie grossem Belang die Zusammensetzung des Bodens hinsichtlich des Verlustes der Permeabilität durch Imprägnirung desselben mit Wasser ist, das beweisen die Versuche von Fleck aufs deutlichste. Es gelang ihm bei versuchsweise in Lehmboden angelegten Gräbern nicht, während 6—9 Monaten Luft aus einer Tiefe von 1,7 Meter zu aspiriren, da der Boden durch atmosphärische Niederschläge hermetisch verschlossen war; auch Sandboden blieb während 5 Monaten nach oben abgeschlossen, nur Kies war stets für Luft durchgängig.

Fleck kommt als Endergebniss seiner Versuche zu dem Schluss, dass im Kiesboden die Leichenzersetzung am schnellsten vorschreiten müsse, und ferner, dass, wenn man die Menge der im Boden zurückgehaltenen organischen Massen als Maassstab für die Zersetzungszeit annimmt, im Kiesgrabe in 1 Jahre ebensoviel organische Substanz zerstört wird, als im Sandgrabe in 1 2/3 und im Lehmgrabe in 2 bis 2 1/3 Jahren.[2])

Diese Schlussfolgerung von Fleck wird jedoch durch die neuesten in Sachsen ausgeführten Beobachtungen auf Friedhöfen nicht ganz bestätigt. Bei diesen Untersuchungen, wobei 28 Leichen von Kindern zwischen 0 bis 15 Jahren und 35 von Erwachsenen, die in Kies- und Sandboden, und ferner 33 Leichen von Kindern und 46 von Erwachsenen, die in Lehmboden begraben waren, also im Ganzen 142 Leichen exhumirt wurden, ist das Ergebniss folgendes gewesen[3]): In Kies- und Sandboden ist die Zersetzung

Arbeiten der k. k. landwirthschaftlich-chemischen Versuchsstation in Wien aus den Jahren 1870—1877. Wien 1878. S. 51.

1) Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik. Herausg. v. Wollny. 1. Bd. S. 3.

2) 4. u. 5. Jahresbericht der chem. Centralstelle f. öffentl. Gesundheitspflege in Dresden 1876. S. 49.

3) 11. Jahresbericht über das Medicinalwesen in Sachsen. Leipzig 1881. F. C. W. Vogel. S. 148—181.

von Kinderleichen spätestens nach 4, die von Erwachsenen nach 7 Jahren so weit vollendet, dass nur noch Knochen und etwas amorphe Humussubstanz übrig sind. Verzögerungen der Zersetzung kommen hier nur sehr selten und zwar nur in feinkörnigem Sande vor, im Verhältniss von 1 : 16, und beruhen nur auf Zurückbleiben von Gehirnresten. Im Lehmboden ist die Zersetzung der Kinderleichen in der Regel spätestens nach 5, die von Erwachsenen nach 9 Jahren beendet. Verzögerungen der Zersetzung kommen häufiger vor, etwa im Verhältniss von 1 : 5. Sie beruhen theils auf Fettwachsbildung in geringerer oder grösserer Ausdehnung und mit oder ohne Zurückbleiben von Gehirnresten, theils in letzterem allein.

Die Beobachtungen von Créteur[1]) haben ergeben, dass die Leichenzersetzung am raschesten in Sand- und Kalkboden, am langsamsten in Lehm- und Schieferboden vor sich geht.

Ob die chemische Zusammensetzung einer Bodenart an sich einen Einfluss auf den Verlauf der Leichenzersetzung ausübt, welcher unabhängig ist von der durch physikalische Verschiedenheiten bedingten Wirkung, darüber lässt sich zur Zeit nichts Bestimmtes sagen. Die Untersuchungen von Falk[2]) haben zwar ergeben, dass verschiedene Böden organische Körper mit verschieden grosser Intensität zerstören, allein es ist bei den Versuchen keine Rücksicht auf die Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften genommen. Riecke[3]) führt ebenfalls einige Beobachtungen an, welche für einen chemisch wirkenden Einfluss des Bodens gedeutet werden können, allein es fehlt dabei meist jede Andeutung über gleichzeitig bestandene physikalische Verhältnisse. Dass natürlich eine ganz abnorme Beschaffenheit des Bodens, wie in Salzsteppen, auf welche Riecke hinweist, modificirend auf die Leichenzersetzung wirkt, wird wohl Niemand bestreiten.

Die Gegenwart von Wasser befördert im Allgemeinen die Zersetzung der Leichen, einestheils physikalisch, indem dadurch der mechanische Zerfall der Gewebe und die Verflüssigung der faulenden Stoffe erleichtert werden, andererseits chemisch, insofern manche Spaltungsvorgänge z. B. die Hydratation unter Aufnahme von Wasser vor sich gehen, und andere, wie die Reductionen zu ihrem Ent-

---

1) L'Hygiène sur les champs de bataille. Paris 1871. Baillière.

2) Experimentelles zur Frage der Canalisation mit Berieselung. Vierteljahrsschrift f. gerichtliche Medicin u. öffentliches Sanitätswesen. Bd. 27. S. 83 und Bd. 29. S. 272.

3) Ueber den Einfluss der Verwesungsdünste etc. Stuttgart 1840. S. 140 u. ff.

stehen des aus dem Wasser gebildeten Wasserstoffgases (in statu nascendi) bedürfen. Daher kommt es auch, dass Leichen, welche im Wasser liegen, rascher zersetzt werden, als solche im Boden. Casper[1]) glaubt nach seinen Erfahrungen folgenden Satz aufstellen zu dürfen, ohne sich von der Wahrheit sehr zu entfernen: Bei ziemlich gleichen Durchschnittstemperaturen entspricht in Betreff des Verwesungsgrades eine Woche (Monat) Aufenthalt der Leiche in freier Luft zweien Wochen (Monaten) Aufenthalt derselben im Wasser und acht Wochen (Monaten) Lagerung auf gewöhnliche Weise in der Erde.

Bei den beerdigten Leichen wird jedoch diese, die Zersetzung befördernde Wirksamkeit des Wassers bei weitem überwogen durch den Abschluss von der Luft, so zwar, dass wenn eine Leiche im Grabe unter Wasser liegt, die Fäulniss nur sehr langsam von statten geht, viel langsamer als im gewöhnlichen Boden. Unter diesen Umständen tritt ferner der Nachtheil ein, dass Fäulnissproducte ins Grundwasser gelangen und dann weiter geführt werden können. Auch die Modification, dass statt der Zersetzung Leichenwachsbildung erfolgt, wird durch das Liegen der Leiche in Wasser häufig erzeugt. Uebrigens ist ein gewisser Grad von Feuchtigkeit des Bodens doch nothwendig für die raschere Zersetzung der Leichen, weil sonst durch Vertrocknen der Leiche eine Concentration herbeigeführt wird, welche die Entwicklung nicht nur von Spalt-, sondern auch von Schimmelpilzen unmöglich macht und damit die Zersetzung der Leiche verzögert oder ganz aufhebt. Es kann dann jener Vorgang an der Leiche eintreten, welchen man als Mumification bezeichnet. Um einen zur Vermeidung der Mumification zweckdienlichen Grad von Feuchtigkeit im Boden vor sich zu haben, ist es nicht nothwendig, dass in demselben tropfbar flüssiges Wasser vorhanden sei, es genügt, um diesen Zweck zu erreichen, dass die Bodenluft mit Wasserdampf geschwängert ist.

Weitaus am günstigsten für einen raschen Verlauf der Zersetzung ist ein häufiger Wechsel zwischen Durchfeuchtung und einem gewissen Grad von Wiederaustrocknung. Beweisend für diesen Satz sind die Resultate, zu welchen Soyka[2]) bei seinen Versuchen über den Einfluss des Bodens auf die Zersetzung organischer Substanzen gelangte, wo bei Durchfeuchtung, verbunden mit Ventilation, die Nitri-

1) Casper, Praktisches Handbuch der gerichtlichen Medicin. Neu bearbeitet u. vermehrt von Dr. C. Liman. 5. Aufl. 1871. 2. Bd. S. 37.

2) Zeitschrift für Biologie. Bd. 14. S. 462.

fication früher und in reichlicherem Maasse erfolgte, als ohne Ventilation. Die frühere Erklärung dieser Erscheinung, wonach beim Verdunsten von Wasser Sauerstoff in den activen Zustand übergeführt wird und dann kräftiger oxydirend auf die faulenden Massen wirkt, ist nach den Untersuchungen von Schöne[1]) über das Vorkommen von Ozon in der Luft sehr in Frage gestellt worden. Dagegen ist es eine oft gemachte Erfahrung, dass die Spaltpilze in einer Substanz, in welcher die Fäulniss zum Stillstand gekommen war, sich von Neuem lebhaft entwickeln und die Fäulniss wieder eintritt, sobald wieder Wasser zugesetzt wird.

Am meisten die Zersetzung befördernd wirken daher Böden, welche die grösste Durchlässigkeit für Wasser besitzen und rasch austrocknen. In letzterer Beziehung ist auch die Grösse der Verdunstung in Rechnung zu ziehen, die ebenfalls wesentlich von der Porosität beeinflusst wird. Schon Nessler hat gefunden, und es ist neuerdings durch v. Liebenberg[2]) bestätigt worden, dass dichter Boden mehr Wasser durch Verdunstung verliert, als lockerer, indem durch die grössere Feinheit der Capillaren die Steighöhe eine grössere und in Folge dessen die Wassermenge, welche an die verdunstende Oberfläche gelangt, eine höhere wird. Es wächst also die Grösse der Wasserverdunstung von der Oberfläche des Bodens mit der Feinheit der Bodenpartikelchen.

Wie für die Zersetzungsprocesse aller organischen Körper, so ist auch für jene der Leichen die Temperatur von der grössten Bedeutung. Im Allgemeinen ist eine Temperatur zwischen 20 bis 40 ° C. für die Fäulniss wie für die Verwesung am günstigsten. Unter 0 Grad hört die Zersetzung auf, was ja aus der Conservirung von Fleisch durch Eis und noch deutlicher aus der Thatsache hervorgeht, dass in den arktischen Regionen Thiere noch ganz vollständig erhalten im Eise gefunden wurden, welche längst ausgestorbenen Arten angehören und Jahrtausende von der Zersetzung bewahrt geblieben sind. Die Temperatur des Bodens nimmt bis zu einer gewissen Tiefe im geraden Verhältniss zur Entfernung von der Oberfläche ab und die Schwankungen in der Wärme werden um so geringer, in je grössere Tiefen man gelangt. Ueber die Factoren, welche die Temperaturverhältnisse im Boden beeinflussen, sind von Seite der Agriculturphysiker vielfach Versuche angestellt worden, so

1) Ueber Beobachtungen in der atmosph. Luft mit Thalliumpapieren. Berichte der deutschen chem. Gesellschaft. 13. Jahrgang. S. 1508.

2) Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik. Herausgegeben von Wollny. 1. Bd. S. 3.

namentlich in der neueren Zeit von Wollny[1]), Lang[2]), Pott[3]) u.s.w., allein diese Versuche berücksichtigen nur die oberflächlichsten Bodenschichten, und es bleibt noch zu untersuchen übrig, ob die gefundenen Einflüsse auch noch in den Tiefen sich geltend machen, welche uns hier interessiren. Wie aus diesen Versuchen hervorzugehen scheint, übt namentlich der Wassergehalt des Bodens eine sehr bemerkenswerthe Wirkung auf seine Erwärmung aus, indem die grosse Wärmecapacität des Wassers die Erwärmung des Bodens verlangsamt. Es stimmt dies auch mit der alten Erfahrung überein, dass nasse Böden im Allgemeinen kälter sind, als trockene.

Nach dem oben Gesagten wird, was die Abhängigkeit von der Temperatur anlangt, die Zersetzung der Leichen im Boden um so schneller vor sich gehen, je weniger dick die sie bedeckende Bodenschichte ist. Uebrigens muss selbstverständlich die mittlere Jahrestemperatur des Ortes von der wesentlichsten Bedeutung sein, denn je höher diese ist, um so höher wird auch unter sonst gleichen Verhältnissen die durchschnittliche Bodentemperatur liegen. Es ist gewiss auch ein Unterschied in dem Verlaufe der Leichenzersetzung vorhanden, je nachdem das Begräbniss in der warmen oder kalten Jahreszeit stattfindet. Es liegen darüber zwar keine directen Beobachtungen vor, allein, wenn man berücksichtigt, dass im Sommer die Leichen wegen der höheren Temperatur der Luft schon in einem Zustand weiter vorgeschrittener Fäulniss in das Grab kommen, und dass ferner die Temperaturunterschiede im Boden bei 2 Meter Tiefe zwischen Sommer und Winter ziemlich beträchtlich sein können, so ist die Annahme, dass Leichen, welche zu Beginn der warmen Jahreszeit beerdigt werden, rascher zersetzt werden, gewiss gerechtfertigt. Nicht zu vergessen ist, dass neben der Wärme auch die Feuchtigkeit der Luft sehr in Betracht kommt. Die Fäulniss verläuft bekanntlich am raschesten in feuchter Wärme, während trockene Wärme durch Austrocknung das Gegentheil bewirkt. Im Boden pflegt, wenigstens in der Tiefe, in welcher die Leichen im Grabe liegen, für einen genügenden Feuchtigkeitsgrad gesorgt zu sein, denn, wie Fleck[4]) gefunden hat, muss die Grundluft in einer Tiefe von 2, 4 und 6 Meter mit Feuchtigkeit gesättigt angenommen werden.

Was die Betheiligung niederer Thiere an der Zerstörung der

---

1) Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik. Herausgegeben von Wollny. Bd. 1. S. 43, 263. Bd. 2. S. 133. Bd. 3. S. 117, 325.

2) Ebenda. Bd. 1. S. 100, 379.

3) Die landwirthschaftlichen Versuchsstationen. Bd. 20. S. 273.

4) 3. Jahresbericht der chem. Centralstelle etc. in Dresden 1874. S. 23.

Leichen betrifft, so spielen dieselben bei Cadavern, die an der Luft liegen, eine ganz hervorragende Rolle. Krahmer[1]) fand den in einem Getreidefeld liegenden Leichnam eines Selbstmörders nach 4 Wochen in ein zusammenhangloses Skelett verwandelt. Ebenso berichtet Dommes[2]) über eine vollständige Skelettisirung eines Mannes durch Würmer und Insekten in 2 Monaten (Juni und Juli).

Bei begrabenen Leichen fehlen Thiere in der Mehrzahl der Fälle, indess wurden doch, wie Reinhard[3]) angibt, von den sächsischen Bezirksärzten unter 150 Exhumationen in 44 Fällen, also bei etwa einem Dritttheil, thierische Organismen an den sich zersetzenden Leichen gefunden. Orfila[4]) gibt eine ganze Reihe von Insekten an, welche den Körper vorzugsweise als Nahrung benutzen und ihre Eier auf die Oberfläche desselben legen sollen, doch ist es sehr fraglich, ob er diese Thiere alle selbst an Leichen beobachtet hat, oder ob er nicht vielmehr eine Reihe solcher Insekten aufzählt, die sich bekanntlich von in Zersetzung begriffenen thierischen Substanzen nähren.

Besonders häufig kommen die Larven verschiedener Fliegenarten zur Beobachtung. Namentlich war es nach Reinhard eine kleine nur etwa 2—3 Mm. lange Art, die nicht nur am häufigsten, sondern auch am zahlreichsten vorkam. Noch häufiger sind es die leeren Puppenhüllen dieser Art, die zu Millionen in den Särgen lagen. Als Beispiele, in welcher Menge man sie fand, mögen einige Angaben folgen: So wurde bei einem erfroren im Freien gefundenen und im gefrorenen Zustande beerdigten Manne nach 4 Jahren 3 Monaten der Schädel bedeckt mit solchen kleinen Puppenhüllen und noch ziemlich vielen lebenden Fliegen, desgleichen das Becken mit einer 2 Cm. hohen Schicht solcher Puppen, und die Strümpfe, welche die bereits reinen Fussknochen umgaben, so ausgefüllt mit Fliegenpuppen gefunden, dass sie noch den vollen fleischigen Fuss zu enthalten schienen. In einem anderen Fall bedeckten die kleinen Puppenhüllen den Kopf und namentlich den Unterkiefer in solchen Massen, dass bei oberflächlicher Betrachtung ein factisch nicht vorhandener Vollbart vorgetäuscht wurde.

Es ist nicht anders denkbar als dass, wie auch Orfila annimmt, diese Fliegen, wenn sie einmal an den Leichnam gelangt sind, viele

---

1) Handbuch der gerichtl. Medicin. 2. Aufl. S. 578.

2) Casper, Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Medicin. Bd. XIII. S. 160.

3) 11. Jahresbericht über das Medicinalwesen in Sachsen auf das Jahr 1879. Leipzig 1881. F. C. W. Vogel. S. 171.

4) Orfila u. Lesueur, Handbuch z. Gebrauch b. gerichtl. Ausgrabungen etc. übers. v. Güntz. Leipzig 1832. 1. Th. S. 292.

Generationen hindurch als Maden an den Weichtheilen zehren, sich verpuppen, auskriechen, sich begatten und Eier legen, bis der Nahrungsvorrath erschöpft ist oder andere Umstände die weitere Fortpflanzung unterbrechen.

Ob die Fliegenmaden zu den Leichen gelangen dadurch, dass die Fliegen ihre Eier auf dieselben absetzen, noch vor sie begraben sind, oder ob auch Fliegen durch den Boden hindurch die Leichen zu erreichen vermögen, lässt sich nicht mit Bestimmtheit sagen, jedoch ist das erstere wahrscheinlicher und das Durchdringen des Bodens nur dann anzunehmen, wenn Leichen sehr oberflächlich verscharrt sind.

Ausser Fliegenlarven kommen auch Käfer und Tausendfüsse an Leichen vor, doch scheinen die Käfer das Innere der Särge erst dann aufzusuchen, wenn der Fäulnissprocess in der Hauptsache beendigt ist.

Von anderen Thieren wurde von E. Hofmann[1]) bei 2 Fällen von Exhumationen in dem Brei der Weichtheile eine Hematodenart in ungeheurer Anzahl gefunden. Sie hatten so ziemlich Grösse und Gestalt der bekannten Essigälchen und wurden als Pelodera strongyloides bestimmt.

Der Einfluss solcher thierischer Organismen lässt sich a priori nicht berechnen, da die Zahl und Art dieser Parasiten nicht minder von dem Verwesungszustand des Leichnams, als von seinem Aufenthaltsort und seiner Zugänglichkeit für die eine oder die andere Thierspecies abhängt, deren Verbreitung und Vorkommen wiederum nach besonderen Umständen sich richtet.

Es gibt noch einige Momente, welche die Dauer der Leichenzersetzung beeinflussen können, dies aber jedenfalls in viel geringerem Grade thun als die bis jetzt angeführten. Als solche sind zu nennen: der Luftdruck, Alter, Geschlecht und Constitution etc. des Todten und die Todesart:

Der Luftdruck kann nur insofern von Einfluss sein, als in verdünnter Luft die Verdunstung von Wasser sehr erhöht ist und dadurch Austrocknung der Leichen herbeigeführt wird, so dass sie der Fäulniss widerstehen. Es wird somit eine deutliche Wirkung des Luftdruckes nur dann zu erwarten sein, wenn derselbe schon ein sehr beträchtlich geringer ist, wie z. B. in sehr hochgelegenen Orten. So findet man, wie Wernher[2]) angibt, Leichen der alten Peruaner,

---

1) Die forensisch wichtigsten Leichenerscheinungen. Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Medicin u. öffentl. Sanitätswesen v. Eulenburg. N. F. Bd. XXVI. S. 273.

2) Wernher, Die Bestattung der Todten. Giessen 1880. S. 27.

Chiloten, Chonosindianer und der Quanchen, also zum Theil längst ausgestorbener Völker, vollständig conservirt. Von dem St. Bernhardhospiz ist bekannt, dass die Leichen dort nicht verwesen. Sie werden an einem luftigen Ort aufgestellt und vertrocknen. Ob indessen die gewöhnlichen Schwankungen des Luftdruckes, wie sie an einem und demselben Orte vorkommen, einen irgendwie bemerkbaren Einfluss auf die Raschheit der Leichenzersetzung im Grabe haben, dürfte fraglich sein. Jedenfalls würde dies wohl nur durch die dadurch verstärkte Ventilation des Bodens bewirkt werden. Ebenso werden Winde nur durch die in Folge der Luftdruckschwankungen im Boden verstärkte Lüftung wirksam sein.

Was Alter und Geschlecht anlangt, so wird allgemein angegeben, dass Kinder schneller zersetzt werden als Erwachsene, Greise langsamer als jüngere Leute, Weiber schneller als Männer, indess dürften hierbei doch im Allgemeinen andere Factoren eine grössere Rolle spielen als eben Alter und Geschlecht. So namentlich der grössere oder geringere Wasser- und Fettreichthum der Gewebe. Bei den Kindern ist gewiss auch in Betracht zu ziehen, dass sie meist weniger tief begraben werden als die Erwachsenen.

Von grösserem Einfluss ist die Leibesbeschaffenheit der Leiche. Je wasserreicher dieselbe ist, um so schneller geht ceteris paribus die Zersetzung vor sich.

Auch Nationalität und einzelne Gewerbe sollen in dieser Hinsicht in Betracht kommen. Riecke[1]) gibt nach Ammianus Marcellinus an, dass vier Tage nach einem zwischen den Römern und den Persern stattgefundenen Treffen die Gesichtszüge der ersteren kaum mehr zu erkennen, die Perser dagegen ganz trocken gewesen seien. Was die Gewerbe anlangt, so sollen Gerber längere Zeit brauchen, bis sie zersetzt sind, als andere Menschen.

Nicht ohne Bedeutung scheint die Todesart zu sein. Es wird übereinstimmend von den Autoren angegeben, dass Leichen von Individuen, welche an acuten infectiösen Krankheiten gestorben sind, rascher verfaulen, als die an anderen Processen Verstorbener. Moser[2]) fand bei seinen Exhumationen Choleraleichen stärker verwest als andere gleich lange begrabene Leichen. Starke Verstümmelungen, Vergiftungen durch narcotische Gifte, ferner durch Kohlenoxyd und Schwefelwasserstoff sollen die Leichenzersetzung beschleunigen, während Phosphor-, Alkohol- und Schwefelsäurevergiftung die Lei-

---

1) Riecke, Ueber den Einfluss der Verwesungsdünste. Stuttgart 1840. S. 134.
2) Aerztliches Intelligenzblatt 1866. S. 50 ff.

chen mehr oder weniger lang conserviren soll.[1]) Bekannt ist die conservirende Wirkung des Arsens und des Sublimats.

Bezüglich der letztgenannten Momente ist jedoch festzuhalten, wie Casper sehr richtig hervorhebt, dass sie zwar eine Gültigkeit im Allgemeinen haben, dass jedoch individuelle Bedingungen, die den Zersetzungsprocess beschleunigen oder verzögern, vorhanden sein müssen, die bis jetzt noch unbekannt sind. Casper führt für diese Behauptung einige sehr lehrreiche Belege an von Fällen, wo eine grössere Anzahl meist gleichalteriger und unter den gleichen Verhältnissen lebender Menschen zu gleicher Zeit und durch die gleiche Veranlassung getödtet wurden, trotzdem aber die Zersetzung der Leichen, wenigstens nach Verlauf von einigen Tagen, ausserordentlich verschieden weit vorgeschritten war.

Unter Umständen kommt es vor, dass Leichen, entweder in toto, oder nur einzelne Theile derselben, nicht den gewöhnlichen Zersetzungsprocessen verfallen, dass also weder Fäulniss, noch Verwesung und damit Zerstörung sämmtlicher Weichtheile eintreten, sondern dass die Leichen entweder ganz oder nur theilweise conservirt werden. Dies kann auf zweierlei Weise geschehen: 1. durch Mumification oder 2. durch Leichenwachs-, Adipocirebildung.

Unter Mumification versteht man ein vollständiges Vertrocknen der Leiche, wobei im Allgemeinen die äussere Form erhalten bleibt und nur insofern Veränderungen erfährt, als dies durch die stattfindende Schrumpfung der Weichtheile bedingt wird. Die Austrocknung kann dabei einen so hohen Grad erreichen, dass es, wie Toussaint[2]) angibt, nicht gelang mit einer hydraulischen Presse Wasser aus einer 1 Zoll dicken Muskelschicht auszupressen. Die Haut ist trocken, lederartig elastisch. Das Unterhautbindegewebe ist geschrumpft und fest an die Knochen angeleimt. Die Muskeln sind zäh und setzen dem Messer grossen Widerstand entgegen. Die Sehnen sind deutlich zu erkennen. Die grossen Stämme der Arterien und Nerven kann man weit herauspräpariren, die Venen nicht. Die inneren Organe sind meist in eine schwarzbraune trockene Masse verwandelt, welche für das unbewaffnete Auge keine Structur erkennen lässt, manchmal fehlen sie ganz. Der Geruch dieser natürlichen Mumien ist ähnlich dem alten Käses. Angaben über chemische und mikroskopische Untersuchungen finden sich in der ange-

1) Casper, Praktisches Handbuch der gerichtl. Medicin. Neu bearbeitet u. vermehrt v. Dr. C. Liman. 5. Aufl. 1871. 2. Bd. S. 33.

2) Toussaint, Die Mumification der Leichen. Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Medicin u. öffentliche Gesundheitspflege v. Casper. 11. Bd. S. 203—233.

führten Abhandlung von Toussaint, auf welche überhaupt bezüglich der Details verwiesen werden muss.

Was das Alter dieser natürlichen Mumien anlangt, so erreichen sie gewiss kein so hohes Alter, wie die ägyptischen Mumien, sondern sie scheinen im Laufe der Zeit zu Staub zu zerfallen. Toussaint glaubt, dass sie nicht über 1000 Jahre alt werden und führt für seine Behauptung mehrere Belege an.

Ueber die Bedingungen, unter welchen Mumification eintritt, ist man nicht in allen Fällen im Klaren. Man kennt zwar einige derselben, allein es kommen Fälle vor, wo ganze Leichen oder Theile derselben mumificiren, während andere in ihrer nächsten Umgebung verfaulen oder in Adipocire verwandelt werden, ohne dass sich für dieses verschiedenartige Verhalten eine bestimmte Ursache auffinden liesse (Toussaint). Man hat den verschiedensten Umständen Einfluss auf die Mumification zugeschrieben, so sollen Kinder leichter mumificiren als Erwachsene, Weiber schneller als Männer, Magere eher als Fette, Solche, die an chronischen, mit grossen Säfteverlusten verbundenen Krankheiten gestorben sind, eher als an acuten, namentlich infectiösen Processen Gestorbene, gewisse Gewerbe Treibende, besonders Gerber leichter als andere.[1]) Auch die Bekleidung, die Beschaffenheit des Sarges, die Zeitdauer des Verweilens der Leiche über der Erde sind in Betracht gezogen worden. Selbst über den Einfluss des Lichtes sind von Güntz, und jenen verschieden gefärbten Lichtes von Toussaint (a. a. O.) Versuche angestellt worden. Alle diese Momente sind jedoch gewiss nur von secundärer Bedeutung. Von wirklich entschiedener Wirkung dagegen sind alle jene Einflüsse, welche die Verdunstung von Wasser befördern, d. h. austrocknend auf die Leiche wirken. Von diesen ist in erster Linie heisse, trockene Luft zu nennen. Dies beweisen die mumificirten Leichen von Menschen und Thieren, welche auf dem Sande der Libyschen Wüste umgekommen sind. Desgleichen ist der Eingang der Grabgrüfte der Necropolen von Aegypten von den vertrockneten Leichen armer Leute eingenommen, welche die Kosten der künstlichen Einbalsamirung nicht leisten konnten und nur oberflächlich im Sande verscharrt wurden. Ueberhaupt kommt die Mumification in warmen Ländern häufiger vor als in nördlichen. Doch auch niedrige Temperatur in Verbindung mit geringem Luftdruck haben die gleiche Wirkung, wie die Mumification der Leichen in dem hochgelegenen St. Bernhard-Hospiz darthut. Hier vereint sich die con-

1) Vergl. auch Riecke a. a. O. S. 135.

servirende Wirkung der Kälte mit der austrocknenden der trockenen verdünnten Luft. Dass auch grosse Trockenheit des Raumes, in welchem eine Leiche ihre letzte Ruhestätte gefunden hat, die Mumification begünstigt, dies beweist ihr häufiges Vorkommen in Grüften und festgeschlossenen Gewölben, Crypten oder Särgen. Die Grüfte mancher Klöster, besonders Kapuzinerklöster, sind dafür bekannt, die Klöster von Dünkirchen, Toulouse, Palermo, Saas, Bonn[1]) u. s. w. Ob die chemische Zusammensetzung des Bodens von Einfluss ist, wollen wir dahin gestellt sein lassen. Immerhin scheint die Mumificirung, wenn sie auch allerwärts beobachtet wird, doch an bestimmten Orten mit besonderer Vorliebe sich zu ereignen, so in verschiedenen Oertlichkeiten Piemonts, wie Demaria angibt.[2]) — Bekannt dagegen ist die mumificirende Wirkung des Arsens und anderer chemischer Agentien, worauf verschiedene Einbalsamirungsmethoden gegründet sind.

Vom hygienischen Standpunkt aus betrachtet, bringt die Mumification der Leichen keine erheblichen Nachtheile mit sich, denn es findet bei ihr nur ein äusserst langsamer Zerfall statt, jedenfalls ohne Mitwirkung der Fäulnisspilze, und es werden Luft, Wasser und Boden nur in sehr geringfügiger Weise verunreinigt. Anders dagegen verhält sich die Sache öconomisch betrachtet, indem wegen der langen Dauer der Zersetzung bei häufigem Vorkommen der Mumienbildung ungemein grosse Areale zu Begräbnissplätzen nothwendig werden müssen.

Eine andere Art der Umwandlung der Leichen ist diejenige, welche man als Adipocire-, Leichenwachs-, Fettwachsbildung oder Saponification bezeichnet. Sie tritt vorzugsweise auf bei Leichen, die im Wasser liegen, indess kommt sie auch in sehr feuchten Gräbern, z. B. in nassem Thon oder mit cementirten Wänden vor, so dass die Einwirkung von Wasser auf die Leichen und der Mangel von Luft als unbedingt nothwendige Bedingungen zu ihrem Zustandekommen erscheinen. Unter anderen, abgesehen von den eben genannten, unbekannten Bedingungen findet aber bei manchen Leichen ebenfalls eine Umwandlung in Adipocire statt. So ereignet sie sich zuweilen in hermetisch schliessenden Särgen. Mit besonderer Vorliebe scheint sie sich auf alten Kirchhöfen zu entwickeln, in welchen durch lange fortgesetztes, massenhaftes Begraben mit kurzem Begräbnissturnus, der Boden mit Zersetzungsproducten

1) Wernher, Die Bestattung der Todten. Giessen 1880. S. 74.
2) Casper, Handbuch der gerichtl. Medicin. 5. Aufl. 2. Bd. S. 45.

stark imprägnirt ist. Dafür sprechen die Beobachtungen auf den uralten Kirchhöfen von Paris und London, in welchen man seit Jahrhunderten Leichen auf Leichen gehäuft hat. Am bekanntesten ist in dieser Beziehung der cimetière des innocents in Paris geworden, welcher hauptsächlich die Aufmerksamkeit auf den Vorgang der Leichenwachsbildung gelenkt hat, da man beim Beginn seiner Räumung im Jahre 1785 eine grosse Menge Fettwachsleichen entdeckte. Dass sich die Bedingungen für die Leichenwachsbildung im Boden oft allmählich erst ausbilden können, dafür spricht folgende Thatsache, welche von Wernher[1]) angeführt wird: In der Armenabtheilung des père la chaise in Paris werden die Leichen in einer gemeinschaftlichen Traverse, Körper an Körper 1½ Meter tief eingescharrt und 5 Jahre unberührt gelassen. Nach Ablauf dieser Zeit erwartet man, dass die Weichtheile von den Knochen völlig weggefault sind. Diese werden entfernt und die Traverse von vorne von Neuem belegt. Die Beobachtung hat nun ergeben, dass beim ersten Turnus nur noch die Skelette vorhanden sind, beim zweiten waren die Leichen theilweise in Fettwachs verwandelt, beim dritten alle.

Die Umwandlung ganzer Leichen in Adipocire erfolgt ausser im Wasser vorzugsweise in Massengräbern; in Einzelngräbern ist sie meist nur eine unvollständige und es werden nur grössere oder kleinere Partien einer Leiche adipocirt. Indessen kommt doch auch hier der Uebergang ganzer Leichen in Adipocire vor, wie Kratter[2]) beobachtet hat. Es gelang ihm auf dem St. Petersfriedhof in Graz, auf welchem die Leichenwachsbildung ein geradezu häufiges Vorkommen ist, im Verlaufe eines Jahres bei den Exhumationen etwa 10 Fälle zu constatiren, bei welchen Fettwachsbildung der weitaus grössten Theile des Körpers stattgefunden hatte. Zwei von diesen Cadavern zeigten geradezu vollständige Adipocirung, denn es fehlten nur die Hände und Füsse, während bei den anderen meist auch der Kopf und Hals, die Vorderarme und Unterschenkel nicht vorhanden waren.

Bei der Fettwachsbildung werden die Leichentheile in eine weisse oder grauweisse, homogene, leicht zerbröckelnde Masse umgewandelt, die auf der Schnittfläche Fettglanz zeigt, sich fettig anfühlt, zwischen den Fingern kneten lässt, in der Hitze schmilzt und entweder gar keinen oder einen dumpf-moderigen Geruch von sich gibt. Die Masse ist oft so fest, dass sie beim Anstossen tönt.

1) Wernher, Die Bestattung der Todten. Giessen 1880. S. 71.

2) Ueber das Vorkommen von Adipocire auf Friedhöfen. Mittheilungen des Vereins der Aerzte in Steiermark für das Vereinsjahr 1878.

Nach der Darstellung von Kratter[1]), die um so mehr von Bedeutung ist, als die Auffindung ganzer Adipocireleichen eine Seltenheit ist und die sonstigen Schilderungen sich mit Ausnahme jener von Orfila[2]) auf aus dem Wasser gezogene Leichen beziehen, zeigten die von ihm untersuchten, im Boden entstandenen Fettwachsleichen (s. o.) folgendes Aussehen: Die Körper waren plattgedrückt, wie durch das Aufliegen einer schweren Last; hie und da zeigten sich Abdrücke von dem Gewebe der Leibwäsche, so besonders häufig an den Hüften und am Gesässe. Bei einzelnen waren, festangeklebt an die Substanz der Cadaver, morsche Reste von Kleidungsstücken vorhanden. Die ganze Oberfläche war mit Erde, die oft ziemlich fest anhaftete, beschmutzt. Schabte man mit einem Scalpell die anhaftende Erde ab, so stiess man auf eine, manchesmal kreideweisse, krümelige Substanz, die zwischen der braunschwarzen Erde zum Vorschein kam, wodurch letztere ein Ansehen erhielt, als ob sie mit gelöschtem Kalk versetzt wäre. Die äusseren Formen waren überall wohl erhalten, so dass die einzelnen Körperpartien ganz leicht erkannt werden konnten. Schnitt man durch die Massen gegen den Knochen zu ein, z. B. an den Oberarmen und Oberschenkeln, so war in den tieferen Theilen die Substanz nicht selten etwas röthlichgelb gefärbt, und liess häufig noch durch ein längsstreifiges Gefüge, sowie durch zahlreiche Maschenräume das ursprüngliche Muskelgewebe mit den vielen Fascien und bindegewebigen Septis erkennen; allenthalben aber lag die Substanz den Knochen an, welche jedoch wegen der gänzlich zerstörten Gelenkverbindungen und des fehlenden Periosts ziemlich leicht daraus entfernt werden konnten. Aus demselben Grunde war auch in den beiden Fällen, wo der Kopf noch vorhanden war, derselbe in seinen Verbindungen vollkommen vom Rumpfe losgelöst und konnte einfach weggenommen werden, wobei die oberen Halswirbel mechanisch durch die Adipociremassen des Hinterkopfes und Genicks an ihm hängen blieben.

Die Untersuchung der einzelnen Körperpartieen ergab Folgendes: Am Kopf, entsprechend der behaarten Kopfhaut eine mässige Lage von Fettwachs, an welchem Haare klebten. In den Augenhöhlen staken Klümpchen weissen Adipocires; desgleichen war der Wangengegend entsprechend eine mässige Lage desselben vorhanden. Das Brustbein an die Wirbelsäule gedrückt. Die herabhängenden

---

1) Ueber das Vorkommen von Adipocire auf Friedhöfen. Mittheilungen des Vereins der Aerzte in Steiermark für das Vereinsjahr 1878.

2) Orfila u. Lesueur, Handbuch zum Gebrauch bei gerichtl. Ausgrabungen etc. Uebersetzt v. Güntz. Leipzig 1832. 1. Th. S. 309.

und einander stark genäherten Rippen zum Theil blos mit Erdreich bedeckt, staken an den Seitenpartieen des Thorax und nach hinten zu in gleicher Masse und drückten sich in derselben ab. Von den Lungen und den Eingeweiden des Mittelfellraumes nur einige bandartige, geschrumpfte, in ihrer Genese nicht mehr genau erkennbare Reste vorhanden; an der dem Herzen entsprechenden Stelle meistentheils ein fast faustgrosser Fettwachsklumpen vorhanden; in den wohl ausgebildeten Fällen war das Herz mit Resten der Vorhöfe und grossen Gefässe ganz wohl erkennbar und bildeten dessen vordere und hintere Wand, sowie das Septum der ursprünglichen Dicke des Herzfleisches entsprechende Adipociremassen. Die Bauchhöhle stets eröffnet. Von den Baucheingeweiden (und zwar nicht constant), der Leber entsprechend, ein unregelmässiger, wachsgelber Adipocireklumpen, im Uebrigen hie und da bandartig verschrumpfte, lederartige Reste der grossen Abdominalgefässe und einzelner Darmpartieen vorhanden; in einem Falle war die Harnblase in Form einer aufgeblasenen, über mannsfaustgrossen, leeren vertrockneten pergamentartigen Blase vorhanden; die Sexualien fehlten. Die Bauchdecken, die Haut und Musculatur des Rückens, des Gesässes, der Ober- und Unterschenkel bis an die Knochen in der bereits oben geschilderten Weise umgewandelt.

Ueber den Process, welcher bei der Adipocirebildung vor sich geht und die Frage, welche Gewebe sich daran betheiligen, gehen die Ansichten bis in die neueste Zeit weit auseinander. Von der einen Seite wird behauptet, dass nur das im Körper schon vorhandene Fett eine Umwandlung erfährt, während von der anderen Seite die Anschauung verfochten wird, dass auch die übrigen Weichtheile des Körpers, in specie die Muskeln, in Leichenwachs verwandelt werden können, dass also bei diesem Vorgang eine Umwandlung von Eiweiss in Fett statt haben kann. Diese Streitfrage ist im Princip durch die Untersuchungen von Kratter[1]), besonders durch seine vor Kurzem veröffentlichte experimentelle Arbeit[2]) entschieden worden und zwar zu Gunsten der letzteren Theorie. Es soll damit nicht gesagt sein, dass die entgegenstehenden Beobachtungen unrichtig seien; es sind noch in der jüngsten Zeit derartige veröffentlicht worden, welche gewiss allen Anspruch auf Glaubwürdigkeit

---

1) Ueber das Vorkommen von Adipocire auf Friedhöfen. Mittheilungen des Vereins der Aerzte in Steiermark für das Vereinsjahr 1878.

2) Studien über Adipocire. Zeitschrift f. Biologie. Bd. 16. S. 455. In dieser Arbeit ist die ganze einschlägige Literatur angeführt.

besitzen [1]; allein es ist zu bedenken, dass die Bedingungen nur selten so günstig sind, dass eine vollständige Adipocirung ganzer Leichen erfolgt. In den meisten Fällen, wo an einer Leiche Adipocire gefunden wird, handelt es sich daher nur um eine unvollständige Umwandlung in Leichenwachs. Wie aus den Experimenten von Kratter [2]) sich ergibt erfolgt diese Umwandlung, unabhängig von einander, in der Haut, im Unterhautzellgewebe, im Knochen und in den Muskeln, allein sie beginnt in den Muskeln erst viel später und zwar nie vor Ablauf des 3. Monates. Ausserdem scheinen die Muskeln eine geringere Neigung zum Uebergang in Leichenwachs zu haben als das Fettgewebe und die Haut. Es lässt sich somit leicht einsehen, dass unter Umständen, und weil die Bedingungen meist nicht günstig genug sind, sogar weitaus in der Mehrzahl der Fälle, nur das Fettgewebe in Adipocire verwandelt wird, während die Musculatur der Fäulniss anheimfällt. Aus demselben Grund findet auch nur äusserst selten ein Uebergang innerer Organe, mit Ausnahme des Gehirnes, in Fettwachs statt. Die Fäulniss der Leichen geht bekanntlich vom Darmkanal aus und ergreift in erster Linie die Organe der Bauch- und Brusthöhle. Es werden diese Organe daher gewöhnlich schon durch die Fäulniss ganz oder grösstentheils zerstört sein, ehe die Bedingungen, unter deren Einfluss die Adipocirebildung erfolgt, genügende Zeit gehabt haben ihre conservirende Wirksamkeit zur Geltung zu bringen. Dass aber auch die Eingeweide in der That in Adipocire verwandelt werden können, dies beweist eine ganze, vollständig adipocirte Lunge eines Hirsches, die sich im Besitz von Herrn Professor Voit in München befindet. Dieselbe hat sich im Wasser in Fettwachs verwandelt. Mit dem Mikroskop ist noch ziemlich deutlich der alveoläre Bau zu erkennen.

Bei seinen Versuchen, Adipocire experimentell zu erzeugen, fand Kratter, dass der Process vor sich geht, sowohl im destillirten, wie im Brunnen- oder Flusswasser und dass auch bei möglichster Beschränkung des Luftzutritts die Adipocirebildung in wesentlich gleicher Weise vor sich geht, nur vielleicht etwas langsamer, während das Stadium der Fäulniss, welches ihr immer vorhergeht, etwas verkürzt ist. Dagegen ist es bis jetzt auf experimentellem Wege noch niemals gelungen, ganz fettfreies Muskelfleisch in Fettwachs

---

1) Wiener med. Wochenschrift. 1879. No. 5, 6, 7 berichtet E. Hofmann über zwei Wasserleichen, die theilweise in Adipocire verwandelt waren. — 11. Jahresbericht des Landes-Medicinal-Collegiums über das Medicinalwesen im Königreich Sachsen auf das Jahr 1879. Leipzig 1881. F. C. W. Vogel. S. 165.

2) Zeitschrift f. Biologie. Bd. 16. S. 455.

überzuführen. Es scheint demnach das Fett eine ganz wesentliche Rolle bei diesem Umwandlungsprocess zu spielen, womit auch die Erfahrung übereinstimmt, dass die Verwandlung in Adipocire um so leichter erfolgt, je fetter eine Leiche ist. Ob die Leichenwachsbildung unter der Einwirkung eines specifischen Ferments erfolgt, wird wohl noch für längere Zeit eine offene Frage bleiben; Kratter (a. a. O.) hält es für nicht unwahrscheinlich, dass eine derartige Ursache vorhanden ist.

Hauptsächlich nehmen an der Umwandlung Theil, wie Kratter (a. a. O.) angibt: die Haut, das Unterhautzellgewebe, die Muskeln und die Knochen, doch können auch alle übrigen Organe daran participiren. Dass bei den Muskeln in der That ein Uebergang von Eiweiss in Fett statthat, wie dies schon früher von Quain und Virchow angegeben, von Wetherill und Anderen dagegen bestritten wurde, die behaupten, dass nur das am Körper schon vorhandene Fett das Adipocire abgebe, ja dass sogar ein kleiner Theil des ursprünglichen Fettes bei der Fäulniss zu Grunde gehe, ergibt sich aus den Untersuchungen von Kratter mit Sicherheit. Es lässt sich, wenigstens während der Bildungszeit, deutlich makroskopisch die Längsfaserung an den muskulösen Theilen erkennen; Kratter[1]) hat auch an einer wohlausgebildeten Adipocireleiche ein Herz gefunden, welches seiner ganzen Substanz nach in Leichenfett umgewandelt war, mit wohlausgebildeten Ventrikeln, Vorhöfen und Gefässresten. Noch beweisender aber sind seine mikroskopischen Befunde, denn es gelang ihm, Muskelpartien zu finden, welche theilweise die Querstreifung noch ganz deutlich zeigten, während an anderen Stellen desselben Präparats die Querstreifung nur mehr undeutlich war, die Längsbündel vielmehr aus einer homogenen, wolkigen Masse mit hier und da eingestreuten Büscheln radiär gestellter nadelförmiger Kryställchen bestanden und noch andere Partien bereits die Umwandlung in eine schollige, klumpige Masse erreicht hatten, die er als Schollenreihen bezeichnet. Nicht selten waren an einem Schnitte die verschiedenen Bilder vereinigt, so dass man den Uebergang von noch wahrnehmbarer Querstreifung in eine homogene wolkige, noch nicht in Schollen zerfallene Masse und von dieser in die Schollenreihen beobachten konnte. Noch deutlicher zeigte sich das Vorhandensein verschiedener Stadien der Umwandlung an derselben Fibrille an entfetteten Präparaten.

---

1) Ueber das Vorkommen von Adipocire auf Friedhöfen. Mittheilungen des Vereins der Aerzte in Steiermark für das Vereinsjahr 1878.

Von den Knochen nimmt besonders das Knochenmark in hervorragender Weise an der Umwandlung in Leichenwachs Theil. Merkwürdig ist eine von Kratter[1]) besonders hervorgehobene Erscheinung, nämlich die Erweichung der Knochen. Dieselben können so weich werden, dass sie sich mit einem gewöhnlichen Messer schneiden lassen. Das in den Knochen befindliche Adipocire unterscheidet sich durch die kreideweisse Farbe, die grosse Sprödigkeit und Brüchigkeit und die relative Trockenheit, auch durch seine relative Schwerlöslichkeit in Alkohol und Aether von dem Adipocire anderer Gewebe.

Von der Haut ist am fertigen Fettwachs nur die Lederhaut und das Unterhautzellgewebe vorhanden, die eigentliche Epidermis und das Rete Malpighi werden im Anfang des Processes durch Fäulniss abgehoben und nehmen nicht an der Verfettung Theil. Sowohl das Fettgewebe als die Lederhaut zeigen aber die Umwandlung in Adipocire.

Kratter (a. a. O.) fasst die Resultate seiner mikroskopischen Untersuchungen folgendermassen zusammen: „1. In allen untersuchten Partien des Adipocires, d. h. an der Haut, dem Fettgewebe, den Knochen und den Muskeln lassen sich einerseits noch unzweifelhafte Reste der ursprünglichen Textur in mehr oder weniger veränderter Form auffinden, andererseits ahmt die Fettsubstanz selbst noch häufig in groben Zügen die Formen jener Texturelemente nach, aus denen sie hervorgegangen ist, so dass man mit voller Berechtigung verschiedene Arten des Fettwachses nach der histologischen Grundlage unterscheiden kann, wie das Haut-, Fettgewebs-, Knochen- und Muskeladipocire: Arten, für welche ausser der Differenz des mikroskopischen Verhaltens auch eine abweichende chemische Zusammensetzung nicht ganz unwahrscheinlich ist. 2. Von besonderer Wesenheit scheint der erbrachte Nachweis von Muskelresten im Adipocire und die Auffindung gewisser Uebergangsformen zu sein. Soweit es möglich ist, eine physiologisch-chemische Frage durch mikroskopische Untersuchung zu lösen, glaube ich es durch diesen Nachweis gethan zu haben. Die Details der gemachten Wahrnehmungen führen mit logischer Nothwendigkeit darauf hin anzunehmen, dass in der That Eiweisssubstanzen in Fettwachs umgewandelt werden."

Was die chemische Zusammensetzung des Adipocires betrifft, so finden sich darüber in der Literatur nur spärliche Angaben. Wetherill[2]) untersuchte Adipocire von Schafen, die etwa 10 Jahre in

---

1) Zeitschr. f. Biologie. 16. Bd.

2) Transact. of the Americ. Philos. Society. Vol. XI. Im Auszug im Journal für prakt. Chemie. 68. Bd. 1856. S. 26.

feuchter Erde gelegen waren, ferner solches von Menschen, von welchen das eine 15, das andere 5—6 Jahre alt war und endlich fossiles Adipocire von einem Bison americanus. Er gibt die Zusammensetzung folgendermassen an:

Das Adipocire der Schafe bestand in 100 Theilen aus:

Festen fetten Säuren	94,2
Membranen und Zellgewebe . .	2,3
Asche und Schmutz	3,5.

Das durchfiltrirte geschmolzene Fett enthielt 0,73 % einer dunkeln Asche (hauptsächlich Kalk dann Eisen).

Das menschliche Leichenfett enthielt in 100 Theilen:

	Nr. 1.	Nr. 2.
Fette, Farbstoff und Wasser	97,8	97,3
Gewebe	2,2	2,7.

Bei der Verseifung der Fette zeigte sich weder Ammoniak, noch Cholestearin, noch Glycerin. Im Fett wurde Margarin- und Palmitinsäure nachgewiesen.

Das fossile Fett bestand aus;

Fett nebst etwas Farbstoff	86,31 %
Kalk und Spuren phosphors. Kalks .	10,10 %
Flockige organische Substanz . . .	3,59 %

oder nach Abzug der organischen Substanz aus:

Fetter Säure	89,5 %
Kalkerde	10,5 %.

Demnach scheint das fossile Adipocire ein neutrales Kalksalz der gewöhnlichen Fettsäuren des Talges zu sein.

Gregory[1]) untersuchte die Fettmasse, in welche ein 15 Jahre in feuchter Erde vergrabenes Schwein sich unter Verschwinden der Knochen verwandelt hatte. Die Masse war wachsartig, an verschiedenen Stellen von ungleichem (1,5—3,5 %) Gehalt an Asche (kohlensaurer Kalk) und bestand zu 1/4 aus Stearinsäure, zu 3/4 aus Margarinsäure und Oelsäure.

Ebert[2]) verseifte Leichenwachs mit Kali (wobei 1 % Ammoniak entweicht und ein unlöslicher Rückstand von ca. 6 % Gewebsmasse etc. blieb). Die Hauptmasse des Leichenwachses besteht aus Palmitinsäure, in bedeutend geringerer Menge war Margarinsäure vorhanden; er fand auch Oxymargarinsäure. Die Prüfung auf Oelsäure ergab ein negatives Resultat.

Aus den Resultaten dieser Untersuchungen lässt sich der Schluss ziehen, welchen auch Kratter zieht, dass die Zusammensetzung des

1) Ann. Chem. Pharm. LXI, 362 referirt im Jahresberichte über die Fortschritte in der Chemie f. 1847 u. 1848.

2) Berichte der deutschen chem. Gesellschaft 1875. S. 775.

Adipocires keine ganz constante ist. Jedenfalls scheint nicht in allen Fällen eine eigentliche Seifenbildung stattzuhaben, namentlich nicht immer von Ammoniakseife, sondern unter Umständen auch von Kalkseife, oder es finden sich die Fettsäuren frei, nicht an eine Basis gebunden.

Beim Verlauf der Adipocirebildung unterscheidet Kratter [1]) nach seinen experimentellen Beobachtungen 3 Stadien. Im ersten Stadium sind deutliche Fäulnisserscheinungen vorhanden: die Epidermis und das Rete Malpighi und mit ihnen Haare und Nägel lösen sich von der Lederhaut ab, können aber bei Leichen, die nicht im Wasser liegen, später wieder angeklebt werden; es findet ferner starke Entwicklung von Fäulnissgasen statt. Kratter nennt daher diesen ersten Abschnitt das Stadium der Fäulniss oder das Vorstadium. Es dauerte bei seinen Versuchen in keinem Falle weniger als drei Wochen und war am Ende der vierten Woche überall beendet. Es kann demnach die vierte Woche als der kürzeste Termin betrachtet werden, in welchem der Process der Adipocirung beginnt. Es stimmen damit auch die Beobachtungen von Casper und Taylor überein. Das zweite Stadium bezeichnet Kratter als die Periode der beginnenden Verseifung oder auch als die Periode der Saponification der Fettsubstanzen. In diesem Stadium vollzieht sich gleichzeitig nebeneinander her die Umwandlung des Unterhautzellgewebes, der Haut und des Knochenmarks, und Kratter hebt die Thatsache hervor, dass zu der Zeit, wo die Umwandlung der Haut perfect erscheint, auch jene des Knochenmarks als ziemlich vollendet angesehen werden kann. Die erste wahrnehmbare Erscheinung der beginnenden Adipocirung ist eine Starre des Fettgewebes. Die Umwandlung beginnt in den tiefsten Schichten des Unterhautfettgewebes und schreitet von da nach aussen gegen die Haut zu fort. — Erst im dritten Stadium beginnt die Umwandlung der Musculatur, und Kratter nennt es daher die Periode der Verseifung der Eiweisssubstanzen. Nach Kratter's Beobachtungen war niemals vor Ablauf des dritten Monats deutliche Adipocirebildung an den Muskeln wahrzunehmen, in vielen Fällen trat diese in noch späterer Zeit auf. Der Verlauf des Uebergangs der Muskeln in Leichenwachs scheint ein langsamerer zu sein, als jener der Fettsubstanzen. An einer nach $^5/_4$ Jahren aus dem Wasser gezogenen Leiche einer 50jährigen Frau, die grossentheils in Fettwachs verwandelt war, fand Kratter Theile der tiefer gelegenen Muscu-

---

1) Zeitschrift f. Biologie. Bd. 16.

culatur der Oberschenkel und selbst an den Bauchdecken noch nicht völlig in Adipocire übergegangen. Der Process schreitet bei den Muskeln von den oberflächlichen Schichten gegen den Knochen zu fort, also umgekehrt wie beim Fettgewebe. Da es sich auch bei der Haut um eine Umwandlung von Eiweisssubstanzen in Fett handelt, so ist es erklärlich, dass die Vollendung dieses Processes in der Haut in eine Zeit fällt, in welcher die Musculatur bereits im Fettumsatz begriffen ist.

Wie von der Mumification, so sind auch von der Adipocirebildung hygienisch keine üblen Folgen zu befürchten, indessen entspricht ein Begräbnissplatz, wo sich dieselbe häufig ereignet, nicht den Anforderungen, welche an ihn gestellt werden müssen, nämlich einer möglichst raschen und vollständigen Ueberführung der todten organischen Massen in anorganische Verbindungen. Ob die Befürchtung, dass sich einst die Industrie des Adipocires bemächtigen und die Nachkommenschaft ihre Ahnen vielleicht zur Strassenbeleuchtung oder zum Wagenschmieren benutzen könnte, gerechtfertigt ist, wollen wir dahingestellt sein lassen. Immerhin ist diese Befürchtung ausgesprochen worden und Küchenmeister[1]) erzählt einen Fall, wo wirklich die Verwendung von Leichenfett zu ähnlichen Zwecken seitens einer industriellen Todtengräbersfrau stattgefunden hat. Es müssen daher schon aus Rücksichten der Aesthetik und der Pietät Orte, welche die Adipocirung begünstigen, als Begräbnissplätze vermieden oder als solche aufgegeben werden.

Die morphologischen Erscheinungen bei der Leichenzersetzung können hier nur ganz kurz skizzirt werden. Als die ersten Symptome sind die sog. Todtenflecken (Hypostasen) und die Leichenstarre zu nennen, hierauf bildet sich eine grünliche Färbung der Bauchdecken aus, welche sich bald über den ganzen Unterleib und die Geschlechtstheile ausbreitet, dann auch an anderen Körperstellen auftritt, bis zuletzt die ganze Leiche eine froschgrüne Farbe (Casper) zeigt, die aber an manchen Stellen durch ein blutrothbraune ersetzt wird. Bald auch macht sich die Entwickelung der Fäulnissgase bemerkbar. Der Unterleib, von welchem die Fäulniss auszugehen pflegt, wird mehr und mehr aufgetrieben, bis er ganz kugelförmig hervorgewölbt ist, ebenso erscheint auch die Brust deutlich künstlich gewölbt. Zur gleichen Zeit wird meist auch die Haut blasenförmig aufgehoben, und schliesslich erscheint das ganze Zellgewebe wie aufgeblasen. Nun folgt das Stadium der colliquativen

1) Zeitschr. f. Epidemiologie 1875. 2. Bd. 1. Heft. S. 47.

Erweichung. Die Bedeckungen der Höhlen sind durch die fortdauernde Gasentwickelung zersprengt, Bauch- und Brusthöhle liegen offen da. Alle Weichtheile sind in breiiger Erweichung, die Extremitätenknochen häufig aus ihren Gelenken gelöst. Dieses Stadium kann längere oder kürzere Zeit dauern, worauf dann die Austrocknung und die Schimmelbildung beginnt, welche meist fortdauert, bis von der Leiche nichts mehr übrig ist als die Knochen und eine kleine Menge humusartiger Substanz.

Die Reihenfolge, in welcher die Organe der Fäulniss verfallen, ist ungefähr folgende [1]): Zuerst zeigen sich Fäulnisserscheinungen an der Luftröhre und dem Kehlkopf, dann folgen Magen und Darm, hierauf die Milz, dann Netz und Gekröse, weiter die Leber. Erst jetzt beginnt bei Erwachsenen die Fäulniss des Gehirns, während dieses Organ bei Neugeborenen schon sehr bald in Zersetzung übergeht. In manchen Fällen jedoch widersteht das Gehirn der Fäulniss in ganz auffallender Weise, oder es schreitet die Zersetzung desselben ungemein langsam vorwärts. Beispiele dafür, dass noch Ueberreste des Gehirns bei einer Leiche vorhanden waren, deren Weichtheile sonst vollkommen verschwunden sind, finden sich von Moser [2]) und Reinhard [3]) angegeben. Viel länger als die bis jetzt aufgezählten Organe widerstehen Herz und Lungen der Fäulniss, dann folgen die Nieren, die Harnblase, die Speiseröhre, das Pankreas, das Zwerchfell und die grossen Blutgefässe. Am allerlängsten bleibt der Uterus intact. Dies ist noch der Fall, wenn alle übrigen Organe schon sehr weit in der Fäulniss vorgeschritten sind.

III.

Einfluss der Leichenzersetzung auf die menschliche Gesundheit.

Es liegt in der Natur des Menschen, dass er Alles, was auf seine Sinne einen unangenehmen, widerlichen Eindruck macht, mit misstrauischen Augen betrachtet und instinctiv eine Abneigung dagegen verspürt. Insbesondere aber sind es hässliche Geruchsempfin-

1) Vgl. Casper, Praktisches Handbuch der gerichtl. Medicin. 5. Aufl. 2. Bd.

2) Aerztliches Intelligenzblatt 1866. S. 50 ff.

3) Beobachtungen über die Zersetzungsvorgänge in den Gräbern und Grüften der Friedhöfe, zusammengestellt von Dr. H. Reinhard. 11. Jahresbericht des Landes-Medicinal-Collegiums über das Medicinalwesen in Sachsen auf das Jahr 1879. Leipzig 1881. F. C. W. Vogel. S. 148—181.

dungen, welche den Gedanken wachrufen, dass der stinkende Körper eine nachtheilige Wirkung auf die Gesundheit ausüben könnte. Es war daher sehr nahe liegend, dass schon seit alter Zeit die bei der Fäulniss der Leichen entstehenden Producte als etwas der menschlichen Gesundheit Feindliches angesehen wurden. Aus diesem Grunde war es auch natürlich, dass man, seitdem sich die Medicin mit der Verhütung der Krankheiten beschäftigt, das Augenmerk auf die Leichenzersetzung gerichtet hat, und dass es in erster Linie die übelriechenden, gasförmigen Erzeugnisse waren, welche als gefährliche Stoffe in Anspruch genommen wurden. Es erhoben sich indess bald Stimmen, welche die gehegten Befürchtungen für übertrieben erklärten und die Ansicht vertraten, dass den bei der Leichenzersetzung entstehenden Stoffen nur so geringe Bedeutung beizulegen sei, dass sie kaum einer ernstlichen Beachtung werth wären. Die Folge dieser sich direct entgegenstehenden Meinungen war eine langwierige Discussion, und die Streitfrage, ob von der Leichenzersetzung im Boden ein schädlicher Einfluss auf die Gesundheit zu befürchten sei oder nicht, hat bis in die jüngste Zeit die Gemüther lebhaft beschäftigt. Die Frage hat sich schliesslich dahin zugespitzt, dass von der einen Seite soweit gegangen wird, das Begraben der Leichen als eine, die menschliche Gesundheit im hohen Grade gefährdende, die Erzeugung von Krankheiten ungemein befördernde Procedur vollständig verpönt und die Leichenverbrennung als das einzige Rettungmittel hingestellt wird, während von der anderen Seite die Gefahr als eine sehr geringe, durch geeignete Maassregeln leicht zu verhütende bezeichnet wird.

Um sich in dieser Angelegenheit ein entschiedenes Urtheil bilden zu können, ist es nothwendig sich vorurtheilsfrei auf den Boden der Thatsachen zu stellen und von diesem Standpunkt aus vor Allem folgende Fragen zu beantworten: 1. Welcher Art sind die Gefahren, welche uns von den Leichen drohen, und 2. auf welchen Wegen können sie uns Schaden für die Gesundheit bringen, resp. durch welche Medien erfolgt die Vermittelung der krankmachenden Agentien in unseren Körper.

Was die erste Frage anlangt, so haben wir Viererlei zu berücksichtigen: 1. Die bei der Leichenzersetzung sich bildenden gasförmigen Producte, 2. ebendabei entstehende feste Verbindungen, 3. Mikroorganismen und 4. die Verunreinigung des Bodens mit animalischen Fäulnissstoffen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass sich bei der Zersetzung der Leichen G a s e entwickeln, welche auf den lebenden menschlichen

Organismus giftig wirken. Es sind dies, wenn wir von den höher zusammengesetzten Verbindungen absehen, über deren Vorkommen, Zusammensetzung und Wirkungsweise wir noch vielfach im Unklaren uns befinden, und die theils aus flüchtigen, aromatischen Verbindungen, wie Indol, Skatol u. s. w., theils aus flüchtigen Fettsäuren oder Kohlenwasserstoffen bestehen, vorzüglich Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium.

Nicht minder feststehend ist das Auftreten fixer, giftiger Körper. Die Todesfälle in Folge von Infection mit sog. Leichengift sind leider zu häufig, als dass sich über ihr Vorkommen irgend ein Zweifel erheben könnte. Schon den Ureinwohnern von Peru war die Thatsache bekannt, dass sich bei der Fäulniss der Leichen giftige Stoffe bilden, welche auf den Menschen eine tödtliche Wirkung ausüben, und sie machten sich diese Kenntniss zu Nutzen, indem sie ihre Pfeile mit der von den Leichnamen ihrer Kampfgenossen abträufelnden Jauche benetzten, um sich der tödtlichen Wirkung derselben zu vergewissern.[1] Analoga des Leichengiftes finden wir in den ebenfalls bei der Fäulniss animalischer Substanzen sich bildenden Giften: dem Wurstgift, Käsegift, Fischgift. Ueber das Wesen und die Wirkungsweise des Leichengifts sind schon seit mehr als einem Jahrhundert, seit der Zeit A. v. Haller's, Untersuchungen und auch Versuche an Thieren angestellt worden. Erst in der jüngsten Zeit jedoch haben dieselben zu Resultaten geführt, aus welchen sich positive Schlüsse ziehen lassen. Die Ergebnisse der Forschungen über das Wesen des Leichengiftes oder putriden Giftes lassen sich jetzt wohl dahin resumiren, dass es sich dabei um zweierlei Arten von Giften handelt, welche sich durch die Art ihrer Wirkung und durch ihre Natur unterscheiden. Unter allen Verhältnissen bildet sich bei der Fäulniss animalischer Stoffe ein Gift, welches die Erscheinungen der septischen Infection bewirkt, und es sind, wie sich mit grosser Wahrscheinlichkeit behaupten lässt, die Fäulnisspilze als das giftige Princip anzusehen. Wie es scheint nur unter bestimmten Verhältnissen, welche jedoch nicht näher bekannt sind, entwickelt sich aber noch ein anderes Gift, welches chemischen Charakter besitzt und die Wirkungen, entweder eines toxischen oder eines narkotischen Alcaloids hervorbringt. Die Versuche dasselbe zu isoliren sind insofern von Erfolg gekrönt worden, als es verschiedenen Forschern gelungen ist aus faulenden menschlichen oder thierischen Geweben Körper darzustellen, welche die oben angegebenen Eigenschaften

---

1) Riecke, Ueber den Einfluss der Verwesungsdünste. Stuttgart 1840. S. 6.

zeigten. Zuerst gelang dieses Panum, der es „extractförmiges putrides Gift“, später Bergmann und Schmiedeberg, welche es „Sepsin“, dann Zülzer und Sonnenschein, die es „septisches Alcaloid“ und Hiller, der es „septisches Ferment“ nannte. Selmi[1]), welcher zuerst genauere Untersuchungen darüber anstellte, nennt die Cadaveralcaloide jetzt Ptomaïne[2]) Es findet sich unter denselben ein flüchtiges, welches schon öfters beobachtet wurde und mit dem Coniin Aehnlichkeit hat. Schon früher hat Selmi bei der Untersuchung von gefaulten oder frischen Eingeweiden auf Alcaloide eine Substanz gefunden, die sich wie ein Alcaloid verhält.[3]) Aehnliche Körper erhielten Rörsch und Fassbender.[4]) Nach den Versuchen von Bence Jones und A. Dupré findet sich im Organismus des Menschen und verschiedener Thiere eine dem Chinin ähnliche und deshalb „animalisches Chinoidin“ bezeichnete fluorescirende Substanz.[5]) Auch Schwanert[6]) beschreibt einen alcaloiden Körper, welchen er aus faulenden menschlichen Organen dargestellt hat. Die Angaben von Selmi haben eine Bestätigung erfahren durch die Arbeit von Brouardel und Boutmy[7]), die aus faulenden menschlichen und thierischen Leichen Körper extrahirten, welche mit den von Selmi Ptomaïne genannten identisch zu sein scheinen. Sie ergaben im Allgemeinen die chemischen Reactionen der vegetabilischen Alcaloide, ohne jedoch mit einem derselben ein in jeder Beziehung gleiches Verhalten zu zeigen; übrigens verhalten sie sich auch unter sich etwas different, so dass Brouardel und Boutmy die Existenz mehrerer verschiedener Ptomaïne annehmen. Sie scheinen schon sehr bald nach dem Tode zu entstehen und wirken sowohl auf Menschen wie auf Thiere giftig.

Abgesehen von den Cadaveralcaloiden werden aber bei der Leichenzersetzung noch eine Masse von Stoffen gebildet, welche, wenn sie auch nicht gerade giftig wirken, doch für den menschlichen Or-

---

1) Selmi, Sulle ptomaine od alcaloidi cadaverici etc. Bologna 1878, referirt in den Jahresberichten über die Fortschritte der Thierchemie. 8. Bd.

2) In der Revue d'hygiène et de police sanitaire 1881. tome III. No. 6. p. 533 findet sich angegeben, dass A. Gautier gegenüber Selmi bezüglich der Auffindung der Ptomaine ein Prioritätsrecht geltend macht, ebenso Lussana, Professor in Padua; der Letztere aber, wie es scheint, mit Unrecht.

3) Berichte der deutschen chem. Gesellschaft. 6. Jahrgang. S. 142.

4) Ebenda. 7. Jahrgang. S. 1064.

5) London R. Soc. Proc. XV. 73, ref. in Chemische Jahresberichte f. 1866.

6) Berichte der deutschen chem. Gesellschaft. 7. Jahrgang. S. 1332.

7) Sur le développement des alcaloides cadavériques (ptomaines). Annales d'hygiène publique. 3. Série. No. 22. Oktober 1880. S. 344.

ganismus zum Theil nicht ganz gleichgiltig sind. Sie gehören theils den pepton- oder eiweissartigen Körpern, theils den fetten Säuren an. Es kann hier nicht näher auf das Detail dieser zum Theil noch wenig bekannten Stoffe, die übrigens ungeheuer zahlreich sind, eingegangen werden, es lässt sich nur im Allgemeinen so viel sagen, dass es als eine Thatsache angesehen werden kann, dass die einfachen binären, zum Theil anorganischen Endproducte der Fäulniss, hinsichtlich ihrer toxischen Wirkung auf den lebenden thierischen oder menschlichen Organismus, viel weniger deletär sind, als die complicirteren höheren Umsetzungsproducte, oder als die faulende Substanz selbst.[1])

Ueberblicken wir die Gefahren, welche der lebenden Menschheit von den Todten drohen, so dürfen wir ausser den obenerwähnten Fäulnisspilzen auch jene Mikroorganismen nicht ausser Acht lassen, welche als die Erreger specifischer Krankheitsprocesse angesehen werden müssen. Es genügt hier auf sie als gesundheitsgefährliche Körper hingewiesen zu haben, inwieweit wir uns vor ihnen bei den Leichen zu fürchten haben, wird weiter unten zu erörtern sein.

Durch das Begraben der Todten wird dem Boden organische Substanz zugeführt, welche in ihm der Zersetzung unterliegt. Dass die Bodenverunreinigung durch organische, im Zustand der Zersetzung oder Fäulniss begriffene Stoffe Nachtheile für die Gesundheit mit sich bringt, indem sie unter Umständen gewissen fermentativen Vorgängen im Boden Vorschub leistet, darüber besteht wohl heutzutage — und dies verdanken wir mit in erster Linie den bahnbrechenden Arbeiten Pettenkofer's — kein Zweifel mehr; es beruhen ja die Bestrebungen der Reinigung und Reinerhaltung des Untergrundes, welche gegenwärtig bei allen civilisirten Völkern Gegenstand der eingehendsten Erörterungen und der sorgfältigsten Durchführung sind, auf der Erkenntniss dieser Thatsache. Gerade mit Rücksicht auf die Verunreinigung des Bodens ist aber das Begraben der Leichen als eine von hygienischen Gesichtspunkten gänzlich verwerfliche Maassregel bezeichnet und ihre fernere Ausführung aufs Lebhafteste bekämpft worden. Ob dies mit Recht geschehen ist, wird sich aus den späteren Darlegungen ergeben.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich mit Bestimmtheit, dass bei dem Zersetzungsprocess der Leichen gesundheitsgefährliche Producte verschiedener Art für die Ueberlebenden entstehen können. Es fragt sich nun weiter, auf welchen Wegen krankmachende Effecte dieser

1) Hiller, Die Lehre von der Fäulniss. Berlin 1879. S. 77.

Producte auf den menschlichen Organismus möglich sind, oder mit mit anderen Worten, durch welche Medien eine Vermittelung zwischen den faulenden Leichen und der Gesundheit der Lebenden hergestellt wird. Es sind deren drei: 1. die Luft, 2. das Wasser und 3. die unmittelbare Einbringung in den Organismus durch Verletzungen. Von den letzteren können wir hier, als nicht in den Bereich dieses Themas gehörig, füglich absehen; es bleibt demnach nur zu erörtern, ob durch Luft oder Wasser gesundheitsschädliche Producte von den Leichen auf die Menschen übertragen werden können, so dass sie im Stande sind Krankheiten zu erzeugen.

1. Sanitärer Einfluss der Leichenzersetzung auf dem Wege der Vermittelung durch die Luft.

Eine pathogene Einwirkung der Leichen durch die Vermittelung der Luft kann unter Umständen vorkommen, sowohl vor als nach der Beerdigung. Betrachten wir zuerst die Zeit zwischen dem Eintritt des Todes und dem Begräbniss, so lässt sich eine schädliche Wirkung nur denken durch Gase oder durch Infectionspilze. Das Erstere ist unter normalen Verhältnissen wohl nie der Fall. Es fehlt auch vollständig an Beobachtungen, die das Entstehen von Krankheiten auf diesem Wege bestätigen, und sie wären gewiss vorhanden, wenn etwas Derartiges je sich ereignet hätte. Es ist einestheils die Zeit, während deren eine Leiche noch im Sterbehaus liegt, wenigstens bei uns, auch auf dem Lande, wo meist keine Leichenhäuser existiren, eine so kurze, dass die Fäulniss für gewöhnlich noch nicht so weit vorgeschritten ist, um den Austritt gasförmiger Fäulnissproducte in grosser Menge aus der Leiche zu ermöglichen, und andererseits werden die entweichenden Gase durch Diffusion so verdünnt, dass eine Vergiftung durch sie nicht zu Stande kommt. Gar keine Gefahr in dieser Richtung besteht an Orten, wo die Leichen, meist schon wenige Stunden nach dem Tode, in die Leichenhallen übergeführt werden, in denen sie bis zum Begraben verbleiben.

Dagegen lässt sich während dieses Zeitraumes die Gefahr einer Infection von Leichen aus durch Mikroorganismen unter Umständen nicht von der Hand weisen. Es ist dies der Fall bei contagiösen Krankheiten, namentlich bei den exanthematischen, da hierbei der Infectionsstoff, der sich auf der Körperoberfläche befindet, leicht in die Luft gelangen und eingeathmet werden kann. Bei anderen contagiösen Krankheiten finden sich die Infectionskeime im Inneren des Körpers in benetztem Zustand, es ist daher nur dann die Möglichlichkeit einer Weiterverbreitung der Krankheit gegeben, wenn die

Leiche mit Excreten verunreinigt ist, welche vertrocknen und dann zerstäubt werden können. Von den Fäulnisspilzen haben wir in diesem Stadium nichts zu fürchten, denn sie befinden sich ebenfalls im benetzten Zustande und können somit nicht in die Luft gelangen, wie dies jetzt durch die Versuche von Buchner[1]) zur Evidenz sicher gestellt ist.

Mit dem Uebergang zu der Frage, ob auf dem Wege der Vermittelung der Luft gesundheitsgefährliche Wirkungen von den Leichen nach deren Beerdigung zu erwarten sind, gelangen wir zu einem der Hauptabschnitte unseres Themas. Auch hier können nur gasförmige Zersetzungsproducte oder Pilze in Betracht kommen. Beginnen wir mit den ersteren.

Bevor wir weiter auf die sanitäre Bedeutung der bei der Leichenzersetzung auftretenden gasigen Emanationen eingehen, dürfte es von Wichtigkeit sein sich vorher darüber klar zu werden, in welchen Beziehungen sich ein krankheitserregender Einfluss ihrerseits denken lässt. Dass bei der Leichenfäulniss toxisch wirkende Gase entstehen, ist schon weiter oben angegeben worden, allein dasjenige Moment, auf welches von jeher der Schwerpunkt verlegt wurde, war, dass man die Verwesungsdünste der Erzeugung bestimmter Krankheitsprocesse, namentlich von Infectionskrankheiten, beschuldigte, oder sie wenigstens als im hohen Grade dispositionsbefördernd zu Erkrankungen dieser Art ansah. Die Neuzeit hat uns einen grossen Schritt in dieser Hinsicht vorwärts thun lassen. Wir dürfen es jetzt als eine Thatsache ansehen, dass die gasförmigen Producte der Leichenfäulniss nicht im Stande sind Infectionskrankheiten direct hervorzubringen, denn, wie vorzüglich von Nägeli[2]) dargethan und hervorgehoben worden ist, die Infectionsstoffe können keine Gase sein. Es kann sich demnach die Wirkung der Fäulnissgase in Beziehung auf die Infectionskrankheiten nur in der Art bethätigen, dass sie die individuelle Disposition zu solchen Krankheitsprocessen erhöhen. Ob ihnen in der That diese Fähigkeit zukommt, darüber gehen zur Zeit die Ansichten noch auseinander, und es ist unsere Aufgabe hier, die Gründe für und wider zu erwägen und zu untersuchen, welche Anschauung die richtige sein dürfte. Die Argumente, welche in der letzten Zeit für das Vorhandensein einer gesundheitsschädlichen Wirkung der Leichengase vorgebracht worden, sind eigentlich negativer Art; sie bezeugen mehr

1) Ueber die Bedingungen des Uebergangs von Pilzen in die Luft und über die Einathmung derselben. Aerztliches Intelligenzblatt 1880. Nr. 50—52.

2) Die niederen Pilze. S. 54 u. f.

eine ahnungsvolle Scheu vor diesen Gasen, als sie auf positive Thatsachen gegründet sind. So sagt Pappenheim[1]): „Es ist möglich, dass die Leichengase, von Contagien abgesehen, nur unter besonderen Umständen sehr gefährlich werden (bei Gehalt der Leichen an gewissen Arzneistoffen u. s. w.), aber wir haben keine Ahnung von der Eigenthümlichkeit dieser Umstände, und müssen deshalb zur Zeit alle Leichengase für gefährlich erachten, wenn immer auch Hunderte durch Aufenthalt in Secirsälen, bei Ausgrabungen und unter ähnlichen Verhältnissen nicht leiden." Bei Roth und Lex[2]) heisst es: „Wenn auch die wissenschaftlichen Untersuchungen bisher kein Resultat bezüglich der gasförmigen Fäulnissproducte ergeben haben, so wird die Gesundheitspflege doch die möglichen Gefahren solcher Ausdünstungen nicht übersehen dürfen. Dieselben werden nach wie vor wesentlich für die Entfernung der Kirchhöfe von den menschlichen Wohnungen zu beachtende Gesichtspunkte bieten. Der Mangel positiver Thatsachen ist zur Zeit allerdings eine empfindliche Lücke, wenn es sich bei widerstreitenden Interessen darum handelt, einen Kirchhof von den Wohnungen der Lebenden fern zu halten. Es darf jedoch bei solchen Gelegenheiten seitens des Sanitätsdienstes die Betonung des Umstandes nicht unterlassen werden, dass der Mangel chemischer und physikalischer Nachweise durchaus nicht mit der Abwesenheit wirklicher Schädlichkeiten identisch ist." In der neuesten Zeit hat Wernich[3]) auf Grund einer bacteriologischen Erfahrung eine Hypothese aufgestellt, welche den Fäulnissgasen eine ganz wesentliche Rolle bei dem Infectionsvorgang vindicirt. Wernich hatte beobachtet, dass, wenn man eine Partie von Gefässen mit Pasteur'scher Pilznährlösung unter den nöthigen Cautelen in die nächste Nähe einer, in stinkendster Fäulniss begriffenen Substanz, eine andere Partie aber weit davon entfernt aufstellt und sie dort längere Zeit stehen lässt, die Nährlösungen alle pilzfrei bleiben. Inficirt man dagegen hierauf diese Flüssigkeiten mit Fäulnissbacterien, so erfolgt die Entwickelung der Pilze viel rascher in den Gefässen, welche in der Nähe der faulenden Substanz aufgestellt waren, als in den anderen. Aus dieser Beobachtung glaubte Wernich den Schluss ziehen zu dürfen, dass durch die Fäulnissgase der Nährboden für die Pilze günstiger gemacht werde, und dass dem analog auch im menschlichen Körper unter Umständen durch

1) Handbuch der Sanitätspolizei. 2. Aufl. Berlin 1870. 2. Bd. S. 362.

2) Handbuch der Militär-Gesundheitspflege. Berlin 1874. 2. Bd. S. 139.

3) Grundriss der Desinfectionslehre. Wien u. Leipzig 1880. Urban u. Schwarzenberg.

Fäulnissgase eine Wirkung hervorgebracht werden könne, durch welche den organisirten Krankheitskeimen die Entwickelung im Körper erleichtert, somit eine Disposition zu bestimmten Erkrankungen geschaffen würde. Dieser Hypothese ist Buchner[1]) mit grosser Entschiedenheit entgegen getreten und hat dieselbe widerlegt, indem er einerseits die physiologischen Widersprüche, an welchen sie leidet, hervorhob, andererseits aber, und dies ist wohl die Hauptsache, die bacteriologische Beobachtung Wernich's experimentell auf ihre physiologisch-chemische Ursache zurückgeführt hat. Der Grund, warum die Bacterien sich in der Nähe eines Fäulnissherdes rascher entwickeln, ist nämlich, wie Buchner dargethan hat, einfach der, dass die Pasteur'sche Lösung das bei der Fäulniss animalischer Stoffe sich entwickelnde Ammoniak absorbirt, wodurch sie eine schwach alkalische Reaction annimmt, die dem Pilzwachsthum sehr förderlich ist. Buchner erhielt bei einem Controlversuch mit der Modification, dass er statt der Fäulnissmassen Gefässe mit Aetzammoniak aufstellte, ganz denselben Erfolg, wie er sich beim Wernich'schen Versuche durch Einwirkung der Fäulnissmassen gezeigt hatte. Unseren physiologischen Kenntnissen aber widerspricht die Hypothese von Wernich dadurch, dass sie die Annahme nöthig macht, dass im Körper die Einrichtung bestehe, die Fäulnissgase irgendwo zu condensiren und festzuhalten, da eine blos vorübergehende Absorption im Blut unmöglich wirken könnte. Der Körper besitzt aber bekanntlich ganz im Gegentheil das Bestreben, alle eingeführten fremden Stoffe, namentlich alle fremden Gase, möglichst rasch wieder zur Ausscheidung zu bringen.

Man darf nach diesen Ausführungen auch eine zu Infectionskrankheiten disponirende Wirkung der gasförmigen Producte der Fäulniss, wie ich glaube, nicht annehmen, wenigstens nicht nach nur vorübergehender, kurzdauernder Einathmung derselben. Dagegen fragt es sich weiter, ob nicht vielleicht eine länger fortgesetzte Einwirkung von Leichengasen doch im Stande wäre die Gesundheit zu untergraben und entweder eine Diposition zu Erkrankungen an Infectionskrankheiten herbeizuführen, oder aber in der Weise den Organismus zu influiren, dass sich chronische, schleichende Krankheitsprocesse entwickeln. In dieser Beziehung finden sich nun in der Literatur die widersprechendsten Angaben. Nach Chadwick[2]) und dem General Board of Health[3]) sollen überfüllte

1) Aerztliches Intelligenzblatt 1880. Nr. 50—52.

2) Report on Interments in Towns, citirt bei Parkes, 5. Aufl. S. 133.

3) Report on Extramural Sepulture, 1850, citirt bei Parkes, 5. Aufl. S. 133.

Kirchhöfe Producte entwickeln, durch welche, wenn auch keine specifischen Krankheiten hervorgerufen, doch die Mortalität und Morbilität der benachbarten Bewohner gesteigert wird, in einzelnen Fällen durch Vermittelung des Trinkwassers, in anderen ohne Zweifel durch die Luftverderbniss. Riecke, der sich aufs Eingehendste mit der uns eben interessirenden Frage beschäftigt hat, führt als Beweis der Schädlichkeit der Leichengase die Thatsache an, dass der cimetière des innocents in Paris wegen seiner Gesundheitsschädlichkeit und des entsetzlichen Geruches, den er verbreitet habe, geräumt werden musste. Er gibt an, dass schon im Jahre 1554 Houlier und Fernel, und im Jahre 1738 Lemery, Geofroy und Hunaud Klagen über diesen Kirchhof erhoben und die ersteren versichert hatten, dass in Pestzeiten die Krankheit in der Nähe des cimetière de la trinité am längsten anhalte und die meisten Opfer fordere. Er citirt ferner aus einer Schrift, als deren Verfasser Vicq-d'Azyr angesehen wird, folgenden Passus: „Häufig entfärbt sich das Gesicht der jungen Leute, die in dieser Umgebung (nämlich des Kirchhofs) sich aufhalten; das Fleisch verdirbt daselbst schneller als anderwärts, und mehrere Personen konnten sich nicht an die Wohnungen in dieser Gegend gewöhnen.“ [1]) In Häusern, welche den Ausdünstungen benachbarter Kirchhöfe ausgesetzt sind, wurden sehr schwere Cholerafälle beobachtet, auch soll nach Parkes der Verlauf aller anderen Krankheiten ein besonders ungünstiger sein.[2]) Es dürfte hier auch daran zu erinnern sein, welche nachtheilige Folgen für die Gesundheit man für die Bewohner enger, schmutziger Häuser mit kleinen, schlecht ventilirten Höfen, die von sich zersetzenden Abfall- und Auswurfsstoffen erfüllt sind, fürchtet. Man hat ferner, wie besonders Pringle darthut, in vielen Feldzügen die Erfahrung gemacht, dass unter dem Einfluss der Verwesung von Pferdeleichen der Gesundheitszustand sich entschieden verschlechterte und namentlich epidemische Diarrhöe und Dysenterie auftrat. Auch die Ausbreitung des Typhus im französischen Heere vor Sebastopol bringt Reynal[3]) mit den dort in Menge faulenden Pferdeleichen in Zusammenhang.

Dagegen existirt andererseits eine grosse Reihe von Beobachtungen, welche darthun, dass Menschen lange Zeit den Emanationen faulender animalischer Körper ausgesetzt waren, ohne dass der geringste Schaden für deren Gesundheit bemerkt werden konnte. So findet sich

1) Riecke, Ueber den Einfluss der Verwesungsdünste. Stuttgart 1840. S. 51. Ein auch jetzt noch sehr lesenswerthes Buch.

2) Parkes, 5. Auflage. S. 133.

3) Vernois, Hygiène industrielle II. p. 60.

bei Riecke[1]) folgende Angabe von Parent Duchatelet: In die Abdeckerei von Montfaucau bei Paris wurden zur damaligen Zeit jährlich nicht weniger als 10—12000 Pferde und 25—30000 Stück kleinerer Thiere gebracht, welche grösstentheils in freier Luft verwesten, soweit sie nicht von den Hunderttausenden von Ratten, welche hier ihren Tummelplatz aufgeschlagen haben, aufgezehrt werden. Parent versichert, dass das grässliche Bild, das er von diesem Schindanger entwirft, nur einen sehr mangelhaften Begriff geben könne, de l'odeur véritablement repoussante, qui sort de ce cloaque, le plus infecte qu'il soit possible de s'imaginer. Und doch versichern die Abdecker, Herren wie Knechte, sie seien niemals krank; weit entfernt, dass ihnen die Verwesungsdünste nachtheilig seien, trügen sie vielmehr zu ihrer Gesundheit bei. Auch bieten sie wirklich nach Parent's Zeugniss ein Bild der blühendsten Gesundheit. Dasselbe gilt von ihren Frauen. Zuweilen werden ausser den regelmässigen Arbeitern, deren Väter meist schon dasselbe Geschäft betrieben haben und die in dieser inficirten Atmosphäre aufgewachsen sind, auch noch ausserordentliche verwendet, und man konnte nicht bemerken, dass die letzteren leichter erkranken als die ersteren. Alle in der Nähe wohnenden Steinbrecher, Gypshändler u. s. w. beklagen sich über den lästigen Geruch der Emanationen des Schindangers, aber sie denken nicht daran anzunehmen, dass diese ihrer Gesundheit einen Nachtheil bringen könnten. Ferner starb während der ganzen Dauer der Choleraepidemie in Paris nicht ein einziger Abdecker, ja es war nicht ein einziger auch nur unwohl.

John Snow[2]) ist nach seinen statistischen Untersuchungen zum Resultat gekommen, dass eine Beschäftigung mit stinkenden animalischen Stoffen nicht nachtheilig ist. Er berücksichtigte bei seiner Berechnung nur das männliche Geschlecht und das Alter von 20 Jahren und zog die in London lebenden Kaldaunenhändler, Talg- und Seifenfabrikanten, Knochen- und Leimsieder, Rothgerber, Fetthändler etc., im Ganzen 6943 Personen, in Betracht. Er fand dabei, dass während die Lebensaussicht der männlichen Bevölkerung im Alter von 20 Jahren in London durchschschnittlich die ist, 61 Jahre alt zu werden, die mit stinkenden animalischen Stoffen Beschäftigten Aussicht haben, ein Alter von 68 Jahren zu erreichen.

Parent-Duchatelet gibt an, dass nach der Schlacht von Paris 1814 die Cadaver von 4000 Pferden 10—12 Tage lang herumlagen, ohne dass Erkrankungen der mit der darauffolgenden Weg-

1) A. a. O. S. 16. 2) Lancet 1859.

schaffung und Verbrennung beschäftigten Leute, namentlich Typhus, oder eine Erhöhung der Mortalität in der Folge hervortraten. Aehnliches lässt sich aus dem letzten deutsch-französischen Krieg berichten. Die Zahl der in den gewaltigen Schlachten dieses Feldzugs Gefallenen berechnet sich nach Tausenden; dazu kommt noch die etwa gleich grosse Menge der todten Pferde. Die Leichen wurden in Massengräbern grossentheils nur wenig tief begraben und doch blieb der Gesundheitszustand der die Schlachtfelder umwohnenden Bevölkerung ein ganz guter.[1])

Aus diesen sich direct widersprechenden Angaben ist es unmöglich, weder für noch gegen die Gefährlichkeit der Leichengase einen Schluss zu ziehen, wir müssen uns daher noch weiter nach thatsächlichem Material umsehen, um vielleicht zu einer endlichen Entscheidung gelangen zu können. Pettenkofer[2]) hat berechnet, welch gewaltige Verdünnung die aus dem Boden eines Kirchhofes austretenden Gase erfahren und hat dabei gefunden, dass, wenn man eine Luftschicht annimmt von nur 20 Fuss (5,84 Meter) Höhe, über einem Areal von 200 Fuss im Quadrat (3407 □Meter), in welchem 556 Leichen begraben sind, so dass also auf ein Grab 72 Quadratfuss (6,13 □Meter) treffen, bei einem zehnjährigen Turnus, die Luftschicht nie mehr als ein Fünfmilliontel Leichengas enthalten kann. Dabei ist der Uebergang der organischen Substanz aus den Gräbern in die Luft als vollständig, ihre Verbreitbarkeit nur bis zu einer Höhe von 20 Fuss und die Geschwindigkeit der Luft zehnmal geringer angenommen als in der Wirklichkeit. Damit soll, wie Pettenkofer ausdrücklich hervorhebt, nicht gesagt sein, dass man trotz dieser colossalen Verdünnung der Gase nicht unter Umständen einen Kirchhof in der Nachbarschaft riecht, ebenso gut, als man Schwefelwasserstoff bei der gleichen Verdünnung mit atmosphärischer Luft noch durch den Geruch wahrnehmen kann. Pettenkofer spricht sich aber auf Grund dieser Berechnung in dem Sinne aus, dass von den Kirchhofausdünstungen direct nichts für die Gesundheit zu fürchten sei, nur indirect dadurch, dass die in der Nachbarschaft Wohnenden wegen des lästigen Geruches es vermeiden, die Fenster ihrer Wohnungen zu öffnen und ihnen auf diese Weise die Zufuhr frischer Luft verkümmert wird. Erismann[1]) fand bei seinen Untersuchungen über die Verunreinigung der Luft durch Abtrittgruben etc., dass eine

---

1) Ausführlicheres hierüber findet sich bei Wernher, Die Bestattung der Todten. Giessen 1880. Ricker. S. 170 u. ff.

2) Zeitschrift f. Biologie. Bd. 1. S. 55 u. ff.

3) Ebenda. Bd. 11. S. 233.

Abtrittgrube, die 18 Cubikmeter Excremente enthält, auch bei äusserst geringer Luftbewegung an der Oberfläche in 24 Stunden 18,79 Cubikmeter theils unathembarer, theils aber schlecht riechender, die Luft verpestender gasförmiger Substanzen abgibt. Dies macht im Jahre 6258,3 Cubikmeter. Nach der Berechnung von Pettenkofer (s. o.) entsprächen den 556 Leichen 6417,63 Cubikmeter Gas aus der organischen Substanz, die sich binnen 10 Jahren aus dem Leichenacker entwickeln würden. Man ersieht hieraus, dass aus einer einzigen grossen Abtrittgrube in einem einzigen Jahre fast ebensoviel Fäulnissgase in die Luft übergehen können, als aus einem Leichenacker, in welchem 556 Leichen faulen in 10 Jahren. Es lässt sich aber weder für die Cholera, noch für den Typhus ein Zusammenhang mit der Nähe der Abtritte nachweisen, wie die Untersuchungen von Port[1]) ergeben haben. — Von grosser Wichtigkeit sind die experimentellen Untersuchungen von Fleck über die Gräbergase und die Grabluft.[2]) Bei diesen Versuchen wurden 4 Chamotteröhren von je 2 Meter Länge und 0,25 Meter lichter Weite in den Boden eingegraben. Jedes der Rohre wurde hierauf zu einer Höhe von 0,3 Meter, und zwar I mit fettem Lehm, II mit fettem Lehm, III mit feinkörnigem reinem Sand und IV mit gleichkörnigem Kies versehen. Unter die Röhren I und III war vorher noch je ein Gefäss von glasirtem Gusseisen zum Auffangen der Grabwässer gestellt worden. Es wurde nun in die unterste Bodenschicht jedes Rohres eine Kaninchenleiche im Gewicht von 2350—2900 Gramm eingegraben und hierauf die Rohre mit verschiedenen Bodenarten ausgefüllt, und zwar I und II mit Lehm, III mit Sand und IV mit Kies. Die Anordnung der 4 Versuchsgräber war demnach folgende:

	Rohr I	Rohr II	Rohr III	Rohr IV
Bodenlage	Eisengefäss	Kies	Eisengefäss	Kies
0,3 Meter	Lehm	Lehm	Sand	Kies
0,1 „	Kaninchen	Kaninchen	Kaninchen	Kaninchen
1,6 „	Lehm	Lehm	Sand	Kies

In jedes Grab waren 2 Bleiröhren eingesenkt, von welchen die eine unmittelbar über der Leiche, also in einer Tiefe von 1,7 Meter die andere von 0,5 Meter unter der Bodenoberfläche ausmündete.

1) Zeitschrift f. Biologie. Bd. 11. S. 487 u. f.

2) 3. Jahresbericht der chem. Centralstelle f. öffentl. Gesundheitspfl. S. 35—44 und 4. u. 5. Jahresbericht. S. 46—53.

Dieselben hatten den Zweck zum Aspiriren von Luft aus bestimmter Tiefe zu dienen. Es wurden nun zuerst nach der Beerdigung am 7. Oktober 1873 und dann wöchentlich einmal Kohlensäurebestimmungen der Grabluft vorgenommen und dabei folgende Zahlen gewonnen:

		I. Lehmgrab auf Pläner mit 2350 Gr. Kaninchen bei einer Tiefe von		II. Lehmgrab auf Kies mit 2650 Gr. Kaninchen bei einer Tiefe von		III. Sandgrab mit 2500 Gr. Kaninchen bei einer Tiefe von		IV. Kiesgrab mit 2900 Gr. Kaninchen bei einer Tiefe von	
		1,7 Meter	0,5 Meter	1,7 Meter	0,5 Meter	1,7 Meter	0,5 Meter	1,7 Meter	0,5 Meter
1873.									
Oktober	21.	50,57	38,08	38,09	19,45	50,61	12,13	37,12	4,15
„	28.	82,91	36,26	53,27	20,61	43,59	6,85	34,90	3,35
November	5.	84,40	43,13	62,90	13,85	37,33	5,39	42,88	5,33
„	12.	80,13	35,23	57,78	9,29	27,85	1,78	19,11	3,50
„	18.	144,00	37,40	105,10	27,80	52,80	4,80	55,70	9,60
„	25.	127,70	23,00	101,80	10,60	25,90	3,40	30,70	5,30
December	2.	121,00	43,20	99,80	4,80	60,30	9,60	36,50	5,80
„	10.	119,00	44,20	89,30	2,40	49,90	5,30	21,10	3,20
„	16.	109,40	47,00	94,00	4,80	49,90	—	36,00	—
„	23.	121,90	49,90	100,80	6,20	28,80	3,80	32,60	—
„	30.	140,20	57,60	103,70	8,60	14,40	1,00	26,90	1,00
1874.									
Januar	7.	75,13	36,97	56,03	12,19	23,86	4,82	9,19	6,40
Februar	3.	—	6,38	—	4,40	18,79	3,54	13,44	10,62
„	10.	—	5,24	—	1,81	32,38	7,20	18,57	5,63
„	17.	—	4,98	—	2,13	32,36	0,71	3,25	0,52
„	24.	—	7,26	—	4,37	49,09	9,62	11,78	2,32
März	4.	—	7,96	—	4,89	42,49	4,86	13,71	1,14
„	10.	—	9,95	—	6,21	—	12,49	19,37	3,96
„	17.	—	9,19	—	6,03	—	14,75	21,73	4,47
„	24.	—	9,95	—	5,81	—	4,36	15,42	3,38
„	31.	—	11,17	—	8,55	—	10,44	21,09	4,54
April	7.	—	12,39	—	7,82	—	13,88	14,22	3,41
„	14.	—	10,82	—	12,55	—	16,46	12,14	2,22
„	21.	—	8,88	—	12,27	—	13,23	29,49	8,15
„	28.	—	10,89	—	—	—	12,66	30,77	5,50
Mai	5.	—	18,85	—	—	—	11,89	14,77	4,00
„	29.	—	13,01	—	—	—	8,21	18,66	4,93
Juni	16.	84,81	14,83	—	—	—	13,45	19,90	2,18
„	24.	78,88	15,60	—	—	—	14,39	22,73	4,34
Juli	1.	89,77	19,73	—	—	—	27,48	43,71	28,43
„	20.	155,42	32,21	—	—	—	24,41	47,50	14,79
August	5.	142,89	33,90	—	—	—	28,16	56,33	17,29
„	19.	123,90	29,35	—	—	—	8,95	21,11	8,19
September	3.	140,91	30,89	—	—	—	6,03	49,06	10,22
„	17.	61,91	22,25	—	—	—	4,14	14,79	3,77
„	30.	75,39	38,92	89,01	19,86	71,97	9,99	21,61	6,51
Oktober	3.	73,36	35,82	92,24	15,51	62,42	20,85	14,69	6,06
„	27.	70,43	19,17	74,97	9,60	81,07	8,53	4,88	1,42
November	10.	84,52	18,53	72,95	9,08	30,57	15,92	7,33	8,86

Aus diesen Versuchsresultaten springt vor Allem die ausserordentlich grosse Verschiedenheit des Kohlensäuregehaltes der Grä-

berluft in Betreff der Bodenarten und der Lagerungsverhältnisse derselben in die Augen. Von den Schlüssen, die sich weiter aus diesen Zahlen ziehen lassen, interessiren uns an dieser Stelle einmal der, dass im Lehmboden die Luftbewegung um vieles langsamer abläuft, als im Sand und Kies und dass demnach aus den Lehmgräbern, so lange überhaupt Exhalationen statthaben, zumal bei dichtem Plänergrund viel kohlensäurereichere Luftgemische entweichen als aus den Sand- und Kiesgräbern. So gut die Kohlensäure in relativ grösserer Menge austritt, mit dem gleichen Rechte muss man dies ceteris paribus auch von anderen Gasarten annehmen. Es ist aber ferner aus diesen Versuchen ersichtlich, wie sehr die bei der Leichenzersetzung entstehenden Gase durch Diffusion schon während ihres Durchtrittes durch den Boden verdünnt werden, denn in 0,5 Meter Tiefe beträgt der Kohlensäuregehalt fast ohne Ausnahme nur mehr weit weniger als die Hälfte desjenigen unmittelbar über der Leiche.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist die Thatsache, welche, wie Fleck näher begründet, aus dem plötzlichen Abfallen des Kohlensäuregehalts der Grabluft in IVa und b zwischen dem 10.—17. Februar und dem Ansteigen desselben von Juli bis September sich erschliessen lässt, nämlich, dass das durch den Boden durchtretende Wasser in sehr erheblichem Maasse die bei der Zersetzung der organischen Stoffe entstehenden Gase, namentlich Kohlensäure und Ammoniak absorbirt und somit die Bodenfeuchtigkeit von hervorragendem Einfluss auf die Qualität der Bodengasexhalationen ist. Der Einfluss der Bodenfeuchtigkeit macht sich übrigens auch in der Weise geltend, als dadurch die Permeabilität des Bodens für Luft in specie des Lehmbodens, aber auch des Sandes sehr herabgesetzt und unter Umständen vollständig aufgehoben werden kann, so dass der Boden nach oben zu hermetisch abgeschlossen wird und auch für längere Zeit verschlossen bleiben kann. Fleck (a. a. O.) hat ferner noch die Frage, welche Gase ausser Kohlensäure als Zersetzungsproducte der organischen Massen der Gräberluft beigemischt sind, einer experimentellen Untersuchung unterzogen. Dabei stellte sich heraus, dass so oft und in welcher Weise die Versuche auf Anwesenheit von Schwefelwasserstoff oder Ammoniak gerichtet waren, mochten die Gase aus der Umgebung des Cadavers oder aus 0,5 Meter Tiefe entnommen werden, es nicht möglich war, auch nur Spuren des ersteren Gases zu entdecken, und dass auch die Menge des Ammoniaks sowohl im Lehm- wie im Sand- und Kiesgrabe nur in so untergeordneten Quantitäten auftreten, dass der höchste Gehalt,

nach Abzug des gleichzeitig bestimmten Ammoniakgehaltes der äusseren Atmosphäre, nicht über 0,0026 Ccm. im Liter Grabluft betrug. Schützenberger konnte weder an der Oberfläche noch im Boden eines Pariser Friedhofes die geringste Spur von Schwefelwasserstoff, Ammoniak oder Kohlenoxyd finden.[1]) Eigenthümlich aber bleibt bei den Untersuchungen von Fleck der Umstand, dass die aspirirten Gräbergase, zumal die den Cadavern zunächst entnommenen, auch noch nach Entfernung der Kohlensäure und des Ammoniaks oder anderer diesem verwandter Verbindungen einen eigenthümlichen Geruch behielten, der, als sogenannter Leichengeruch bekannt, der Anwesenheit noch anderer gasförmiger Verbindungen zuzuschreiben ist. Wie schon oben angegeben, rührt das Fehlen von Schwefelwasserstoff etc. vorzüglich davon her, dass diese Gase von dem durch den Boden durchtretenden Wasser absorbirt werden. Was den Schwefelwasserstoff anlangt, so ist dessen Nichtvorhandensein auch durch die Bildung von Schwefeleisen mit dem im Boden enthaltenen Eisen zu erklären, worauf Fleck, veranlasst durch Untersuchungen des städtischen Untergrundes von Dresden, aufmerksam macht.

Es dürfte im Uebrigen hier der Ort sein, darauf hinzuweisen, dass Fleck aus den Ergebnissen seiner Untersuchungen über Sarg- und Grabluft[2]) berechnet, dass der Ammoniakgehalt der Luft in einer Gruft jenen der freien Luft nur um ein Geringes übersteigt. Es geht daraus hervor, dass die Exhalationen der Grüfte auf Kirchhöfen wegen der raschen Verdünnung der aus ihnen austretenden Gase durch Diffusion zu keinerlei hygienischen Bedenken Veranlassung geben, zudem, wie Fleck's Untersuchungen ergeben haben, sie in ihrer Zusammensetzung von den Bodengasen nicht abweichen.

Um über die eigentliche Quelle des Kirchhofgeruches, hinsichtlich dessen trotz der chemischen Untersuchung der Gräbergase etwas Positives sich nicht auffinden liess, ins Klare zu kommen, hat Fleck[3]) an verschiedenen Kirchhofanlagen Dresdens genaue Erörterungen angestellt, welche ihn zu folgenden Resultaten kommen liessen: der Kirchhofgeruch ist auf Begräbnissplätzen in Lehm- und Sandboden intensiver als auf solchen mit leicht durchlässigem Kiesboden. Er tritt auf neuen Kirchhofanlagen erst dann auf, wenn der erste Begräbnissturnus abgeschlossen ist und zur Wiederbelegung bereits be-

1) E. Vallin, La question des cimetières. Revue d'hygiène et de police sanitaire 1881. Tome III. No. 8. p. 640.

2) 4. u. 5. Jahresbericht der chem. Centralstation f. öffent. Gesundheitspflege in Dresden. S. 59—65.

3) Ebenda. S. 65.

nutzter Gräber geschritten wird oder wenn überhaupt Gräberboden umgelegt wird. Die Quelle des Geruches ist demnach darin zu suchen, dass in dem Boden noch nicht ganz zersetzte Massen enthalten sind, welche bei der Berührung mit der Atmosphäre durch das Aufgraben in ausgedehntem Maasse in stinkende Fäulniss übergehen. Man beobachtet daher auch den Kirchhofgeruch meist an älteren, aber noch benutzten Kirchhöfen, auf welchen bei Anlegung eines Grabes immer schon inficirter Boden emporgehoben wird und findet ferner, dass sich dieser Geruch auch von dem geschlossenen Grab aus noch lange Zeit verbreitet, wenn die obere Bodenlage desselben mit früher tiefer gelegenem Boden gemischt ist.

Die Untersuchungen von Fleck haben somit einerseits den Nachweis geliefert, dass durch die Zersetzung animalischer Stoffe im Boden grosse Mengen von Kohlensäure erzeugt werden, und die Geschwindigkeit, mit welcher die Kohlensäure mit atmosphärischer Luft verdünnt wird von der Permeabilität der Bodenarten abhängig ist, andererseits aber haben sie zu dem wichtigen Resultate geführt, dass andere gasartige Producte der Fäulniss nur in äusserst geringer Menge in der Gräberluft vorhanden, zum Theil gar nicht auf chemischem Wege nachzuweisen waren.

Zu erwähnen sind hier noch die experimentellen Untersuchungen von Smolensky über den Kohlensäuregehalt der Grundluft.[1]) Hierbei stellte es sich heraus, dass der Kohlensäuregehalt der Grundluft auf dem Münchener südlichen Kirchhof, der schon seit langer Zeit als Begräbnissplatz benutzt wird und der aus Geröllboden besteht, in ca. 2 Meter Tiefe zwischen älteren und neueren Gräbern im Monat Juni bei 6 Versuchsreihen im Mittel 39,0 — 51,8 pro mille betrug. Dies würde an sich nichts beweisen, wenn man aber damit die Zahl vergleicht, die Smolensky an einer anderen Stelle des Münchener Bodens fand, welcher die gleiche geologische Zusammensetzung besitzt, aber vielfach als Ablagerungsplatz für animalische und vegetabilische Abfälle benutzt wurde und welche 101,9 pro mille Kohlensäure ist, so geht daraus hervor, dass der Boden durch Auswurfstoffe noch viel mehr verunreinigt werden kann als dies durch die Leichenbeerdigung geschieht. Da aber die Fäulnissgase hier ebenso aus dem Boden entweichen, wie auf Begräbnissplätzen, so müsste man solchen Plätzen gewiss dieselben Gefahren für die Gesundheit zuschreiben wie den Friedhöfen. Dies ist aber thatsächlich meist nicht der Fall, sondern die Kirchhöfe werden hinsichtlich ihrer Gefährlichkeit weit-

1) Zeitschr. f. Biologie. Bd. 13. S. 383—394.

aus vorangestellt. In München hat Pettenkofer kein Bedenken getragen auf dem Platz, wo Smolensky diesen hohen Kohlensäuregehalt im Boden gefunden hatte das neue hygienische Institut zu erbauen.

Bei der Frage der Schädlichkeit der Kirchhofemanationen darf noch ein weiteres Moment nicht übersehen werden, nämlich die Verbreitung der Fäulnissgase im Boden in horizontaler Richtung. Es ist durchaus nicht nothwendig, dass diese Gase nach oben durch den Boden entweichen, sondern es kann auch eine Ausbreitung nach allen Seiten hin stattfinden und dies wird z. B. gewiss dann der Fall sein, wenn der Boden nach oben zu durch Feuchtigkeit abgeschlossen ist. Es lässt sich dann denken, dass die Leichengase unter Umständen in sehr concentrirtem Zustand in Häuser, welche in nicht sehr grosser Entfernung von einem Friedhof sich befinden, eindringen, wie dies ja auch bei anderen Gasen z. B. Leuchtgas schon oft beobachtet worden ist. Riecke[1]) führt auch eine Beobachtung an, welche das wirkliche Vorkommen des Eintritts der Fäulnissgase eines Kirchhofs in grosser Menge in Wohnhäuser bestätigt: „Im Jahre 1779 hatte man auf dem Gottesacker (des innocents) der jährlich im Ganzen zwei- bis dreitausend Leichen aufnahm, da, wo er an die rue de la Lingerie stiess eine 50 Schuh tiefe Grube für 15—1600 Leichen gemacht. Allein im Februar 1780 konnte man schon keinen Keller mehr in der ganzen Strasse gebrauchen; die Lichter erloschen in der Luft dieser Keller, und wer auch nur an die Zuglöcher derselben kam, wurde augenblicklich von den schrecklichsten Zufällen ergriffen". Ist solche Luft einmal in den Keller eines Wohnhauses eingedrungen, so wird sie durch den aufsteigenden Luftstrom auch in die Wohnräume geführt, wie Forster nachgewiesen hat.[2]) Allerdings tritt hierbei eine Vermischung mit atmosphärischer Luft und dadurch eine Verdünnung ein, allein, wie aus den Versuchen von Forster hervorgeht, kann unter Umständen in geheizten Parterrezimmern die Luft zu 54 %, in geheizten Zimmern im 1. Stock zu 38% aus Kellerluft bestehen. Unter solchen Verhältnissen kann es vorkommen, dass Fäulnissgase in starker Concentration lange Zeit auf die Bewohner einwirken. Indessen ist doch nichts darüber bekannt, dass Todtengräber und Leichenwärter oder andere Personen, die auf Kirchhöfen oder in deren unmittelbarer Nähe wohnen, gewissen Krankheiten mehr ausgesetzt seien, oder überhaupt häufiger

1) Ueber den Einfluss der Verwesungsdünste. S. 51.

2) Zeitschrift f. Biologie. Bd. 11. S. 405.

erkranken, als Andere welche ferne davon leben. Eine ausdrückliche Bestätigung dieses Satzes findet sich in dem 11. Bericht des Landes-Medicinal-Collegiums über das Medicinalwesen in Sachsen für das Jahr 1879 S. 179 u. 180. Auch ist es auffallend, dass Riecke, der doch im Allgemeinen für die Schädlichkeit der Leichenausdünstungen Partie ergreift, gar nichts davon erwähnt, dass in dem oben angeführten Falle in der verpesteten Strasse sich irgendwie eine besondere Morbidität oder Mortalität gezeigt hätte. Es darf übrigens auch nicht ausser Acht gelassen werden, dass es sich bei diesem Fall um eine ganz gewaltige Anhäufung faulender Leichen handelt, die in einer gemeinsamen Grube, Sarg an Sarg, wie es in den fosses communes immer geschah, aufgeschichtet waren.

Ein weiterer Factor, der bei der Beurtheilung der Schädlichkeit der Leichengase ebenfalls ins Gewicht fallen dürfte, ist das Condensations- oder Absorptionsvermögen des Bodens für Gase. Die Gasabsorption im Boden wird einestheils durch Flächenattraction, anderntheils durch chemische Vorgänge bewirkt. Die Letzteren sind in ihren Wirkungen belangreicher als die Ersteren und werden hauptsächlich vermittelt durch das Eisenoxyd, nächstdem durch Humussubstanzen. Die Gase werden im Allgemeinen in um so höherem Grad condensirt, je leichter sie sonst ihren Aggregatzustand verändern und je leichter sie sich zersetzen und je feiner unter sonst gleichen Verhältnissen die Bodentheilchen sind.[1]) Ein sehr lehrreiches Beispiel für die Absorption der Gase durch den Boden liefert das Experiment von Biefel und Poleck [2]), welche Leuchtgas durch eine 2,35 Meter lange Schichte sandigen humösen Bodens leiteten. Wie die Analysen ergaben waren durch diesen Vorgang circa 75% der schweren Kohlenwasserstoffe und mit ihnen die im Gase befindlichen Dämpfe der riechenden Theerbestandtheile condensirt worden, das Sumpfgas hat sich um circa 50% vermindert.

Fassen wir das in Obigem niedergelegte thatsächliche, durch Experimente begründete Material zusammen, so ergibt sich daraus, dass sich keine positiven Anhaltspunkte gefunden haben, welche dazu angethan wären die Annahme zu beweisen, dass durch die länger fortgesetzte Einwirkung von Kirchhofemanationen direct die Disposition zu Infectionskrankheiten erhöht oder geschaffen, oder aber direct eine langsame Untergrabung der Gesundheit hervorge-

1) Ammon, Untersuchungen über das Condensationsvermögen des Bodens für Gase. Wollny, Forschungen etc. Bd. 2. S. 1—46.

2) Zeitschrift f. Biologie. Bd. 16. S. 312.

bracht wird. Es ist dargethan worden, dass die bei der Leichenzersetzung entstehenden Gase theils durch den Boden theils durch die Bodenfeuchtigkeit absorbirt oder dass sie schon im Boden durch atmosphärische Luft verdünnt werden, dass sie chemisch gar nicht mehr nachweisbar, oder nur relativ in so ungemein geringer Menge vorhanden sind, dass wir eine schädliche Wirkung von ihnen nicht erwarten können. Es ist ferner ihre colossale Verdünnung, sobald sie aus dem Boden austreten, nachgewiesen und gezeigt worden, dass sich auch bei concentrirterer Einwirkung eine Schädigung der Gesundheit durch die Statistik nicht nachweisen lässt. Es hat sich weiter herausgestellt, dass der Kohlensäuregehalt des Bodens an anderen Orten jenen des Kirchhofbodens weit übersteigen kann, ohne dass desswegen ein solcher Boden als gesundheitsschädlich zu betrachten ist, und dass die den Abtrittgruben entsteigenden Quantitäten von Fäulnissgasen, jene der Friedhöfe unter Umständen weit übertreffen, ohne dass sich von ersteren nachweisen liesse, dass sie die Disposition für Cholera oder Typhus vermehren. Es konnte lediglich constatirt werden, dass unter Umständen sich die Zersetzungsproducte noch durch den Geruch wahrnehmbar machen und dass, wenn dies während eines längeren Zeitraumes der Fall ist, eine nachtheilige Wirkung auf die Gesundheit nur dadurch hervorgebracht werden kann, dass das Oeffnen der Fenster der Wohnungen vermieden und in Folge dessen der Genuss frischer Luft in den Wohnräumen beschränkt wird.

Zu ganz ähnlichen Schlüssen, wie die oben entwickelten, kam in der neuesten Zeit eine von dem Seinepräfecten in Paris eingesetzte Commission zur Assanirung der Friedhöfe, welche aus den Herren Du Mesnil, Schützenberger, Miquel und Carnot bestand. Unter den Sätzen, welche den Bericht[1]) dieser Commission schliessen, finden sich folgende:

1. Wenn man in der Nachbarschaft der alten Friedhöfe und namentlich zu der Zeit, als noch in den Kirchen begraben wurde, Unglücksfälle beobachten konnte, welche sich in Folge des Entweichens der durch die Fäulniss erzeugten Gase ereigneten, so sind diese Gefahren heut zu Tage, wo sich die Gase im Freien ausbreiten, absolut illusorisch geworden, obwohl die Bestimmungen der Artikel 4, 5, 6 des Titel I des Decrets vom 23. Prairial XII nicht stricte beachtet werden.

1) Im Auszug enthalten in Revue d'hygiène et de police sanitaire. Tome III. No. 7. 20. Juillet 1881. p. 576. Das Original des Berichtes konnte ich leider nicht erhalten.

2. Die schädlichen oder belästigenden Gase, welche durch die Zersetzung der 1,50 Meter tief begrabenen Leichen entstehen, gelangen nicht an die Oberfläche des Bodens.

Es kann somit jetzt als feststehend erachtet werden, dass von den gasförmigen Producten der Leichenzersetzung, insoferne dieselben disponirend für acute oder chemische Krankheitsprocesse wirken sollen, eine directe nachtheilige Wirkung auf die Gesundheit nicht nachgewiesen werden kann und es erübrigt nur mehr die Betrachtung hinsichtlich der Umstände, unter welchen die sich bildenden toxischen Gase gefahrbringend für die Gesundheit werden können. Wie weiter oben angegeben sind die hierbei in Betracht kommenden Gase vorzüglich Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Ammoniak. Es unterliegt keinem Zweifel, dass unter Umständen in den Gräbern und den sie zunächst umgebenden Bodenschichten eine sehr bedeutende Anhäufung von Kohlensäure statthaben kann, so dass Personen, welche mit dem Aufgraben solcher Gräber beschäftigt sind in die Gefahr kommen können zu ersticken, wenn sie nicht rechtzeitig sich aus dieser Kohlensäureatmospäre zu entfernen im Stande sind. Als besonders gefährlich in dieser Beziehung müssen Massengräber angesehen werden, in welchen gleichzeitig eine grosse Anzahl von Leichen den Zersetzungsprocess durchmachen. Noch leichter als im Boden scheint unter Umständen die Anhäufung grosser Kohlensäurequantitäten in festgeschlossenen Grüften zu Stande zu kommen, wesshalb das Betreten dieser stets nur mit den nöthigen Vorsichtsmaassregeln geschehen sollte. Ob eine so hochgradige Ansammlung von Ammoniak und Schwefelwasserstoff im Boden statt haben kann, dass dadurch Vergiftungserscheinungen beim Aufgraben von Gräbern ermöglicht werden, erscheint nach dem oben betreffs des Vorkommens dieser Gase bei der Leichenzersetzung und deren Absorption durch Boden und Wasser Angeführten zweifelhaft. Grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass dies in schlecht ventilirten Grüften sich ereignen kann. Von den Beispielen, welche Riecke[1]) zum Beweis für die Schädlichkeit der Leichenemanationen anführt, müssen viele als Vergiftungen durch Kohlensäure oder Schwefelwasserstoff aufgefasst werden.

Von einer Gefährlichkeit der in Rede stehenden Gase ausser beim Aufgraben von Gräbern oder beim Betreten von Grüften kann keine Rede sein; diese ist nur so lange möglich, als es durch Behinderung des Gasaustausches diesen Gasen möglich ist, sich stärker

---

1) A. a. O. S. 27—37.

anzuhäufen. Sowie ein freier Verkehr mit der Atmosphäre möglich ist, tritt sehr rasch eine solche Verdünnung ein, dass eine giftige Wirkung nicht mehr zu Stande kommt, wie aus verschiedenen Beispielen in der Nähe natürlicher Kohlensäurequellen, z. B. der Hundsgrotte bei Neapel, hervorgeht.

Wir kommen nun zur Erörterung der Frage über den Einfluss der Leichenzersetzung nach dem Begräbniss auf die menschliche Gesundheit durch die Vermittelung der Luft mit Rücksicht auf Mikroorganismen. Diese noch vor Kurzem sehr dunkle Frage hat in der letzten Zeit durch die Resultate der pilzphysiologischen Forschung eine wesentliche Klärung erfahren, und es ist das grosse Verdienst von Nägeli[1]) auf die leitenden Gesichtspunkte in dieser Beziehung aufmerksam gemacht zu haben.

Es muss gegenwärtig mit Bestimmtheit angenommen werden, dass, wenn die Leiche eines an einer Infectionskrankheit Gestorbenen begraben wird, in welcher also das Vorhandensein der Infectionspilze noch vorausgesetzt wird, diese Krankheitserreger dadurch, dass der todte Körper in Fäulniss übergeht und somit ihr Nährboden vollkommen verändert wird, rasch entweder durch Anpassung in gewöhnliche Fäulnissbacterien umgewandelt werden oder aber zu Grunde gehen. Es sind daher nach kurzer Zeit (4—8 Wochen, Nägeli) in der Leiche nur mehr Fäulniss oder Schimmelpilze vorhanden, je nachdem bei der Zersetzung Fäulniss oder Verwesung vorherrscht. Von den Schimmelpilzen haben wir nach Nägeli's Ansicht gar nichts für die Gesundheit zu befürchten und von den Fäulnissbacterien im Allgemeinen nicht viel, da verhältnissmässig grosse Quantitäten davon nothwendig sind, um bei Unverletztsein der Haut und der Schleimhäute septische Infection hervorzubringen. Allein selbst wenn dieselben gefährlicher wären, als sie es in der That zu sein scheinen, so sind wir doch in hohem Grade vor ihnen gesichert, weil verschiedene Bedingungen vorhanden sind, welche dem Austritt der Spaltpilze aus dem Boden schwer übersteigliche Hindernisse in den Weg legen. Während der ersten Zeit der Leichenzersetzung werden die Pilze dadurch festgehalten, dass sie sich in benetztem Zustand befinden. Wie schon Nägeli[2]), auf Experimente gestützt, angegeben, und neuestens Buchner[3]) durch weitere experimentelle Forschungen über alle Zweifel sicher gestellt hat, können Pilze von einer feuchten Oberfläche selbst durch sehr starke Luftströmungen

---

1) Die niederen Pilze etc. München 1877. Oldenbourg.

2) Ebenda. S. 108 u. f.

3) Aerztliches Intelligenzblatt 1880. Nr. 50—52.

nicht mitgerissen werden, geschweige denn von so schwachen Luftbewegungen, wie sie im Boden herrschen. Erst wenn die Austrocknung der Leiche oder ihrer Umgebung beginnt, lässt sich unter Umständen die Möglichkeit denken, dass die Pilze fortgeführt werden. Aber auch dann noch sind grosse Widerstände zu überwinden, denn bis nicht die Zersetzung so weit vorgeschritten ist, dass alles Organische zerstört ist, können die Pilze durch organische Substanz, welche ihnen adhärirt, an die Bodentheilchen festgeklebt und dann, solange sie nicht durch mechanische Einwirkungen anderer Art losgelöst werden, nicht durch Luftströmungen fortgerissen werden. Die Versuche, welche Buchner (a. a. O.) in Gemeinschaft mit Nägeli in dieser Richtung ausgeführt hat, liefern den Beweis, dass eine Ablösung von eingetrockneten Pilzen im eigentlichen Sinne, d. h. von intacter Oberfläche, nachweisbar nicht existirt. — Sind jedoch auch alle diese hinderlichen Einflüsse beseitigt und ist die Möglichkeit vorhanden, dass die Spaltpilze durch Luftströme fortgeführt werden, so haben sie, um ins Freie zu kommen, doch immer noch eine dicke Bodenschicht zu passiren, die ihrem Durchschnitt grosse Schwierigkeiten bereiten kann. Nägeli[1]) ist der Ansicht, dass die Spaltpilze schon durch eine dicke Humusschichte, ganz sicher aber, wenn dieselbe bewachsen ist, zurückgehalten werden. Eine andere Möglichkeit, durch welche die Fäulnisspilze zwar nicht ins Freie, aber in unsere Wohnungen gelangen können, muss hier noch erwähnt werden. Es geschieht dies dadurch, dass die Bacterien durch die Luftbewegung in horizontaler Richtung fortgeführt und dann durch die Fundamente der Häuser in den Keller und von hier aus in die Wohnräume gelangen.

Miquel hat gelegentlich der Enquete über die Kirchhoffrage in Paris Untersuchungen angestellt, welche ergaben, dass die Anzahl der Bacterien in der Luft auf den Friedhöfen von Paris auch nicht viel grösser ist als in Montsouris. Er hat die hauptsächlichsten Bacterienformen, welche er auf den Friedhöfen fand, Kaninchen und Meerschweinchen ins Blut und ins Unterhautzellgewebe eingespritzt und sie haben sich als vollständig unschädlich erwiesen.[2])

Nachdem im Vorhergehenden gezeigt wurde, dass die Entstehung oder Verbreitung von Infectionskrankheiten durch das Begraben der Leichen bei geschlossenem Grabe überhaupt nicht angenommen werden kann, muss darüber

1) A. a. O. S. 261.

2) E. Vallin, La question des cimetières. Revue d'hygiène et de police sanitaire 1881. Tome III. No. 8. p. 643.

noch entschieden werden, ob etwa durch das Aufgraben des Grabes eines an einer Infectionskrankheit Verstorbenen Ansteckung erfolgen kann. Diese Möglichkeit ist nur denkbar, wenn erst kurze Zeit nach dem Begräbniss verstrichen ist, so dass die Infectionspilze noch nicht in Fäulnissbacterien verwandelt oder getödtet sind und auch dann nur unter der Voraussetzung, dass die Krankheitserreger sich nicht in benetztem Zustand befinden. In späterer Zeit jedoch können von dem Eröffnen eines Grabes keine anderen Folgen erwartet werden, als von dem Umgraben des Bodens an einer anderen Stelle, der sich im Uebrigen unter ganz gleichen Verhältnissen befindet, denn dann verhält sich der Kirchhofboden ganz ebenso, wie jeder andere mit organischen Stoffen verunreinigte Boden unter den gleichen übrigen Umständen. Es müssen somit alle Angaben, welche das Entstehen von Epidemien, oder auch nur das Erkranken mehrerer Personen an Infectionskrankheiten durch das Eröffnen von Gräbern bestätigen, mit der grössten Vorsicht und berechtigtem Misstrauen aufgenommen werden, denn dass Personen, welche mit Graben in gewöhnlicher Ackererde beschäftigt waren, von Infectionskrankheiten befallen werden können, dies beweist unter Anderem die Beobachtung Pettenkofer's gelegentlich der Choleraepidemie in Speyer im Jahre 1873. Von 33 Pfründnern, welche auf einem sehr tief gelegenen Acker mit der Kartoffelernte beschäftigt gewesen waren, erkrankten 20 an Cholera, während von den übrigen 177 in der gleichen Anstalt Befindlichen nur 4 befallen wurden.[1])

Während der ganzen Dauer der Leichenzersetzung wird der Boden mit den Producten der Umwandlung imprägnirt und kann dies auch, wie die Aufgrabungen der Gräber beweisen, noch längere Zeit bleiben. Es entsteht nun die Frage, inwieweit diese Verunreinigung des Bodens mit faulenden organischen Stoffen gesundheitsschädliche Folgen nach sich zieht. Es muss jetzt als sicher angenommen werden, dass die Bodenverunreinigung von Einfluss ist auf das Entstehen von Epidemien. Ueber die Art und Weise, wie dieser Zusammenhang vermittelt wird, fehlt es zur Zeit noch an einer Vorstellung, und Nägeli dürfte Recht haben, wenn er sagt, dass die Wirkung der Bodenverunreinigung zur Zeit blos nach den Erfahrungen über das Leben der Pilze beurtheilt werden kann.[2]) Es kann hier nicht auf die Frage der Bodenverunreinigung weiter eingegangen und muss auf den betreffenden Abschnitt dieses

1) Pettenkofer, Neue ätiologische und prophylaktische Sätze etc. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. IX. Heft 2. S. 213.

2) Nägeli, Die niederen Pilze. S. 174 Anmerkung.

Handbuches verwiesen werden, es kann hier lediglich die Frage zur Erörterung kommen, wie stark wohl die Verunreinigung des Bodens durch das Begräbnisswesen wird. Auch in dieser Beziehung stehen unsere positiven Kenntnisse auf sehr schwachen Füssen, denn es fehlt an thatsächlichem Material, worauf man sich stützen könnte, nämlich an Analysen des Kirchhofbodens im Vergleich mit anderweitig verunreinigtem oder reinem Boden der gleichen Beschaffenheit. Die Berechnungen, welche schon öfters angestellt worden sind, um darzuthun, dass der Boden durch die Lebenden mehr verunreinigt wird als durch die Todten, leiden an den Fehlern, dass einerseits meist die Grösse des Bodenraums nicht berücksichtigt wurde, der an der Verunreinigung im einen und anderen Falle theilnimmt, andererseits aber eine gleichmässige Vertheilung der sich zersetzenden Stoffe im Boden der bewohnten Theile eines Ortes gar nicht gedacht werden kann. Ausserdem kleben solchen Rechnungen stets noch andere Mängel an, welche deren Werth illusorisch erscheinen lassen, so bleibt z. B. die Entfernung von der Oberfläche des Bodens, in welcher die stärkste Anhäufung faulender Massen stattfindet, gänzlich unberücksichtigt. Aber auch abgesehen hiervon, haben derartige Rechnungsexempel schon deshalb keinen Werth, weil es überhaupt an Kenntnissen über die Bedeutung der Grösse der Bodenverunreinigung fehlt, und wenn man auch die etwas paradoxe Anschauung Nägeli's nicht ohne Weiteres theilen kann, demzufolge ein Boden ceteris paribus um so eher siechfrei ist, je grösser die Verunreinigung [1]), so sind wir doch darüber ganz im Unklaren, bei welchem Grad der Verunreinigung ein Boden anfängt gesundheitsgefährlich zu werden, denn ganz rein kann der Boden nur da sein, wo jegliches organische Leben fehlt.

Vergleichbare Zahlen über den Gehalt des Bodens an stickstoffhaltigen organischen Stoffen auf Kirchhöfen und anderwärts finden sich von Delesse [2]) angegeben, der vielfache Untersuchungen hierüber angestellt hat. Er fand in röthlichem, sandigem, ein wenig lehmigem Boden, der in einer Tiefe von 1,5 Meter aus einem alten Massengrab des Kirchhofs Mont-Parnasse, in welches man seit zehn Jahren keine Leiche mehr begraben hatte, genommen war, einen Stickstoffgehalt von 0,9 ‰; in schwärzlichgrauem, mergeligem und sandigem Boden in 2,5 Meter Tiefe genommen, aus der Mitte eines

1) Nägeli, Die niederen Pilze. S. XXV. 51. Satz.

2) Recherches de l'azote et des matières organiques dans l'ecorce terrestre, in Annales des mines, cinquième série. Mémoires. Tome XVIII. Paris 1860. S. 151 bis 319, betr. Kirchhöfe S. 287 u. f. nebst der dazu gehörigen Tabelle IV.

Haufens menschlicher Knochen, der 3 Meter hoch aufgeschichtet war, im alten Kirchhof des Innocents, der lange Zeit der bedeutendste in Paris war, 1,12 ‰ Stickstoff; in schwärzlichbraunem, lehmigem Boden, der den Gebeinen der Catacomben anhing 2‰; eine Probe desselben Mergels wie auf dem Kirchhof des Innocents, der stark mit organischen Stoffen imprägnirt und aus der Cité entnommen war enthielt nur 0,4‰ und eine andere aus der rue St. Elisabeth nur 0,18‰ Stickstoff. Wenn man nun, wie es Delesse thut, den zuletzt angeführten Boden als den normalen annimmt, so folgt daraus, dass die Zunahme an Stickstoff, welche durch den Kirchhof des Innocents hervorgebracht worden war, weniger als 1‰ beträgt. Betrachtet man aber die Zahlen, welche Delesse für bepflanzten Boden fand, so zeigt es sich, dass derselbe bei 13 verschiedenen Proben zwischen 0,68—2,97 ‰ Stickstoff enthielt und grösstentheils in dieser Beziehung den Kirchhofboden weit übertrifft. Bei weitem höher noch sind die Zahlen, die Delesse für den Schlamm der von Flüssen bei Ueberschwemmungen abgelagert wird, angibt und die 5—7 ‰ betragen; am reichsten an Stickstoff ist der Nilschlamm mit 12,25 ‰. — Delesse spricht sich dahin aus, dass Boden, der animalische Stoffe im Ueberfluss zugeführt erhält, wie Kirchhofboden, diese Stoffe nicht in so grossem Verhältniss behält, als man glauben sollte; es ist sogar sehr bemerkenswerth, dass er nicht mehr davon zurückhält. Man müsse dies dem Umstande zuschreiben, dass thierische Stoffe leicht zersetzt und dann vom Wasser, welches den Boden durchfliesst mitgeführt und aufgelöst werden. Obgleich die Thiere an Stickstoff reicher seien, als die Pflanzen, so seien doch die Producte ihrer Zersetzung löslich und verschwinden, so dass sie für definitiv viel weniger Stickstoff in den Boden, der sie einhüllt, einführen. — In der neuesten Zeit sind in Paris, wo eine Commission zur Prüfung der Frage von der Gesundheitsgefährlichkeit der Friedhöfe niedergesetzt worden war von Schützenberger von dem Kirchhof zu Ivry Bodenproben untersucht worden, die einem Commungrab entnommen waren, das zweimal als solches benutzt worden, und in welches im Jahre 1873 die letzten Beerdigungen stattgefunden hatten. Im Jahre 1879, also nach Verlauf von 5 Jahren fand er, sowohl über als unter dem Sarge nur mehr eine sehr geringe Menge von Stickstoff (0,14 u. 0,16 Grm. in 100 Grm. Boden); in jungfräulicher Erde, welche zum Vergleich analysirt worden war, war das Verhältniss des Stickstoffs nur 0,01 : 100. Schützenberger schliesst daraus, dass die Verbrennung in einem mässig für Luft permeablen Boden in 5 Jahren beendigt ist, und dass man daher

keinen Grund hat bei dem Gedanken einer Sättigung des Bodens mit organischer Substanz stehen zu bleiben.[1])

Der Kohlensäuregehalt der Grundluft kann nicht als Maassstab für die Bodenverunreinigung gebraucht werden. Es ist zwar durch die Untersuchungen von Pettenkofer[2]) u. A. nachgewiesen, dass die sich zersetzenden organischen Stoffe im Boden die Quelle der Kohlensäure in der Grundluft sind, allein es hat sich doch herausgestellt, dass der relative Gehalt der Grundluft an Kohlensäure noch von verschiedenen anderen Factoren abhängig ist, so dass von einer grossen Kohlensäuremenge nicht ohne Weiteres geschlossen werden darf, dass die Bodenverunreinigung da stärker sei als an einem anderen Ort, wo die Grundluft procentisch weniger Kohlensäure enthält. Uebrigens ist auch die Zahl der bis jetzt in der Kirchhofbodenluft vorgenommenen Kohlensäurebestimmungen nur eine ausserordentlich geringe und erst in der allerjüngsten Zeit sind die Resultate unter sich vergleichbarer derartiger Analysen in grösserer Zahl veröffentlicht worden, welche von Bezirksarzt Dr. Hesse in Schwarzenberg in Sachsen ausgeführt worden sind.[3]) Nach diesen Angaben betrug auf einem Kirchhof, dessen Boden lockerer Granitsand war, der Kohlensäuregehalt über dem Sarge, in 1 Meter Tiefe von der Bodenoberfläche, von der Beerdigung an gerechnet nach

6 Tagen . . .	16,4 ‰	2 Monaten . . .	87,4 ‰
7 „ . . .	24,1 „	3 „ . . .	57,7 „
2 Wochen . . .	58,2 „	6 „ . . .	41,7 „
3 „ . . .	54,1 „	9 „ . . .	37,3 „
4 „ . . .	61,1 „		

an einer anderen Stelle desselben Friedhofs nach

1 Jahre	88,0 ‰	4 Jahren . . .	27,7 ‰
2 Jahren . . .	38,4 „	5 „ . . .	17,6 „.
3 „	28,9 „		

Es tritt schon hier das Auffallende hervor, dass an der zweiten Stelle 1 Jahr nach der Beerdigung viel mehr Kohlensäure gefunden wurde, als an der ersten nach 9 Monaten. Noch viel grössere Unregelmässigkeiten aber ergibt ein Vergleich der Kohlensäuremengen, welche in der Grundluft von zwei verschiedenen Kirchhöfen gefun-

---

1) E. Vallin, La question des cimetières. Revue d'hygiène et de police sanitaire. 1881. Tome III. No. 8. p. 639.

2) Ueber den Kohlensäuregehalt der Luft in der libyschen Wüste über und unter der Bodenoberfläche. Zeitschr. f. Biologie. Bd. 11. S. 381—391.

3) 11. Jahresbericht des Landes-Medicinal-Collegiums über das Medicinalwesen in Sachsen auf das Jahr 1879. Leipzig 1881. F. C. W. Vogel. S. 177.

den wurden, deren Boden ganz die gleiche Beschaffenheit hat, nämlich Granitsand. Hier fanden sich bei dem einen Kirchhof nach

1 Tag	25,5 ‰	9 Monaten	68,8 ‰
1 Woche	26,8 „	1 Jahr	54,5 „
2 „	88,6 „	2 „	50,0 „
1 Monat	92,0 „	3 „	35,0 „
2 „	91,0 „	4 „	13,8 „
3 „	125,0 „	5 „	16,1 „
6 „	74,2 „	10 „	13,5 „

bei dem anderen nach

3 Tagen	19,2 ‰	2 Jahren	7,26 ‰
1 Monat	62,8 „	3 „	14,0 „
3 „	21,7 „	4 „	21,6 „
5 1/2 „	28,3 „	5 „	19,1 „
7 „	30,9 „	9 „	12,8 „
1 Jahr	42,3 „	19 „	2,25 „.

Die hier mitgetheilten Resultate haben den grossen Vorzug, dass die Analysen an demselben Tage ausgeführt, daher viele Fehlerquellen ausgeschlossen wurden, welche bei einer Ausführung zu verschiedenen Zeiten die Ergebnisse total verändern können.

Dass übrigens die Grundluft auf Kirchhöfen nicht mehr Kohlensäure enthält als unter Umständen an anderen stark verunreinigten Plätzen, das beweisen die von Smolensky[1]) gefundenen Zahlen, von welchen die unter a sich auf einen Platz in München beziehen, der zu gewissen Zeiten des Jahres als stark frequentirtes Pissoir benutzt wurde, jene unter b auf den Münchener südlichen Friedhof zwischen den Gräbern. Es befinden sich in

a		b	
47,85 ‰	Kohlensäure	46,23 ‰	Kohlensäure
62,57 „	„	51,83 „	„
44,38 „	„	42,86 „	„
77,78 „	„	45,83 „	„
101,96 „	„	39,07 „	„
		48,82 „	„.

Durch eine lange Zeit fortgesetzte Benutzung eines Platzes als Kirchhof, wobei die alten Gräber immer aufs Neue belegt wurden, wird nach den Beobachtungen von Pettenkofer und Kiene (s. o. S. 270 u. 271) ein Zustand des Bodens herbeigeführt, in Folge dessen die Zersetzung der Leichen längere Zeit in Anspruch nimmt als dies früher der Fall war. Dass unter solchen Umständen, wenn man fortfährt zu begraben die Durchtränkung des Bodens mit faulenden Stoffen eine ungemein hochgradige werden muss, liegt auf der Hand. Es äussert sich

1) Zeitschrift f. Biologie. Bd. 13. S. 391 u. 392.

dies auch dadurch, dass solche Begräbnissplätze einen viel bemerkbareren Geruch von sich geben, als früher, so dass unter Umständen die in der Nachbarschaft Wohnenden sehr belästigt werden und die Kirchhöfe geschlossen werden müssen, wie dies mit dem cimetière des Innocents in Paris geschehen musste.

2. Sanitärer Einfluss der Leichenzersetzung durch das Wasser.

Die Möglichkeit, dass Substanzen in das Trinkwasser und durch dessen Vermittelung in den menschlichen Körper gelangen, welche bei der Zersetzung der Leichen im Boden entstehen, lässt sich nicht bestreiten, da ja das Wasser von der Oberfläche durch die Gräber und deren Umgebung hindurchdringt, und auf diesem Wege etwas von den verwesenden Leichen mit sich führen und dem darunter befindlichen Grundwasser beimischen muss, welches möglicherweise nahe gelegene Brunnen und Quellen speist. Nach dem oben Gesagten können dies einerseits Gase oder feste chemische Verbindungen sein, welche im Wasser absorbirt, oder gelöst, oder als suspendirte Bestandtheile demselben beigemengt sind, und andererseits Mikroorganismen. Wie beim Einfluss der Leichenzersetzung durch die Luft als Träger geschehen ist, so sollen auch hier diese beiden Gruppen von Stoffen gesondert betrachtet und mit den chemischen Zersetzungsproducten begonnen werden.

Es ist klar, dass die Wirkung dieser auf den menschlichen Organismus abhängt von der Menge, in welcher sie in den Körper gelangen, und diese ist im Wesentlichen bedingt durch die Concentration, in der sie im Wasser vorhanden sind. In der Hauptsache ist diese letztere aber das Product zweier Grössen, die man kennen muss um sich ein Urtheil über die mögliche Verunreinigung bilden zu können, nämlich

1. der Menge des Grundwassers und

2. der Menge der Zersetzungsproducte i. e. der Anzahl der Leichen. Bezüglich der Mächtigkeit des Grundwassers irgend eines Ortes ist es nicht möglich zu einer genauen Zahl zu kommen, allein es dienen, worauf Pettenkofer hinweist, am sichersten andere örtliche Wasserverhältnisse, wie die Zahl und Mächtigkeit von Quellen oder die Ergiebigkeit einer grösseren Anzahl von Brunnen, die sich in der Nähe der fraglichen Localität befinden, als Maassstab für eine annähernde Vorstellung über die Wassermasse des Grundwasserstromes. Auch die Menge der organischen Substanz kann nur annäherungsweise berechnet werden. Pettenkofer nimmt das mittlere Gewicht einer Leiche zu 60 Kilo und die verwesbare organische Substanz daran zu 15 Kilo an. Zieht man ferner noch den ortsüblichen

Flächenraum für ein Grab in Rechnung, so erhält man einen Anhaltspunkt um zu berechnen, wie viel auf einem bestimmten Areal während einer gewissen Zeitdauer z. B. eines Begräbnissturnus Leichensubstanz auf die angenommene Menge Grundwasser kommt.

Ausser den beiden genannten hauptsächlichsten Factoren kommen übrigens noch einige andere in Betracht, welche modificirend auf den Grad der Concentration der Verunreinigung des Wassers durch die Leichen einwirken. Hier ist noch zu berücksichtigen:

1. die Quantität von Wasser, welche, von den atmosphärischen Niederschlägen stammend, durch den Boden hindurch bis in die Tiefe der Gräber dringt, denn dieses Wasser allein kann dem Grundwasser, soweit dasselbe unter der Grabestiefe liegt, Leichenzersetzungsproducte zuführen. Es kommt hierbei im Wesentlichen an auf die Wassercapacität des Bodens und seine capillare Wasserleitung und muss in dieser Beziehung auf das oben Gesagte (S. 271 u. ff.) verwiesen werden. In Görlitz wurden in dieser Richtung 4 Jahre lang mit 3 verschiedenen Bodenarten Versuche angestellt und zwar 1. mit einem Thonboden mit 12 % Sand, 2. mit einem Lehmboden mit 38 % Sand und 3. mit einem lehmigen Sandboden mit 80 % Sand und dabei gefunden, dass bei 1. 28,1 %,
2. 41,0 %,
3. 40,5 % der im Jahre gefallenen Regenmenge durch eine 4 Fuss hohe Bodenschichte dringt.[1]) Man kann ohne Bedenken annehmen, dass von da abwärts dieses Wasser gewiss zum grössten Theil auch in das Grundwasser gelangt. Die von Pappenheim[2]) aufgestellte Behauptung, dass, wo es sich nicht um ganz grobstückigen Steinboden (Kies u. s. w.) handelt, sondern um feinkörnigen, das Meteorwasser in unseren Gegenden nicht bis in die Tiefe von 5 oder 6 Fuss (die gewöhnliche Gräbertiefe) dringt, wird durch die Versuche von Fleck[3]) widerlegt, der bei seinen Versuchsgräbern in Lehm- und Sandboden, in den in 2 Meter Tiefe aufgestellten Gefässen die durch den Boden durchgesickerten Tagwasser auffing und der Analyse unterwarf. — Es ist ferner von Einfluss

2. die Dicke der Bodenschichte, welche die Leiche vom Grundwasser trennt. Beim Durchgang durch diese Bodenschichte können die organischen Verbindungen ganz in anorganische

1) Pettenkofer, Ueber die Wahl der Begräbnissplätze. Zeitschr. f. Biologie. Bd. 1. S. 50.

2) Handbuch der Sanitätspolizei. 2. Aufl. Berlin 1870. 2. Bd. S. 366.

3) 3. Jahresbericht der chem. Centralstelle etc.

umgewandelt oder wenigstens in ihrer Zusammensetzung verändert werden. Wenn man sich den oben angeführten Satz, dass die einfacheren Producte der Fäulniss hinsichtlich ihrer toxischen Wirkung viel weniger deletär sind, als die höheren Umsetzungsproducte oder als die faulende Substanz selbst, ins Gedächtniss zurückruft, so erhellt daraus die Wichtigkeit dieses die Filtration begleitenden Vorganges. Sehr lehrreich sind in dieser Beziehung die Versuche, welche Falk[1]) angestellt hat. Er studirte die zerstörende Wirkung des Bodens auf gewisse wohl charakterisirte chemische Verbindungen, Fermente und Gifte, und fand dabei, dass umgeformte Fermente (Emulsin, Myrosin, Ptyalin) ihre specifische Wirksamkeit durch die Bodenfiltration vollständig verlieren, ebenso die Glycerinextracte pathologischer Producte, die febrile Temperatursteigerungen oder auch Tod bewirkten (tuberculöse, septische Stoffe, selbst Milzbrandblut). Bei diesen Versuchen wurde das Eiweiss im Boden zurückgehalten, das Fett jedoch wanderte durch den Boden hindurch. Auch flüchtige organische Verbindungen, wie sulphocarbonsaures Natron, Naphthylamin, Indol, Thymol wurden durch den Boden völlig oder durch längere Zeit zurückgehalten, resp. zerstört, ebenso Lösungen giftiger Alkaloide (Strychnin, Nicotin). Selbstverständlich ist diese Eigenschaft des Bodens keine unerschöpfliche und scheint besonders eine höhere Concentration der zu filtrirenden Substanzen dem Ablaufe dieser Erscheinungen hinderlich zu sein. Durch die Versuche von Falk ist somit nachgewiesen, dass der Boden eine Umwandlung (die in den meisten Fällen eine Oxydation ist) gelöster organischer Verbindungen bewirkt und dies muss in um so höherem Grade der Fall sein, je dicker die als Filter dienende Bodenschichte ist, d. h. je tiefer der Grundwasserspiegel unter der Sohle der Gräber liegt. Dagegen muss es aber doch als wahrscheinlich angesehen werden, dass diese oxydirende Kraft nicht unter allen Verhältnissen in gleicher Intensität sich geltend machen kann und zwar aus dem Grunde, weil die Filtration unter verschiedenen Umständen und bei verschiedenen Bodenarten mit verschieden grosser Geschwindigkeit sich vollzieht und desshalb den organischen Stoffen kürzere oder längere Zeit gelassen ist um sich umzuwandeln, und diese dementsprechend auch weniger oder mehr decomponirt werden. Es geht allerdings aus den Görlitzer Versuchen (s. o.) hervor, dass die relative Menge des in die Tiefe dringenden Wassers in verschiedenen Bodenarten annähernd gleich gross ist, allein die Raschheit des Durchganges ist, wie aus den Versuchen von Klenze sich er-

1) Experimentelles zur Frage der Canalisation und Berieselung. Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Medicin u. öffentl. Sanitätswesen. Bd. 27 u. 29.

geben hat, eine ungleiche, und es erfolgt das Sinken des Wassers im Boden um so schneller, je mehr nichtcapillare Räume in demselben enthalten sind (s. o. S. 273).

Modificirend auf die Stärke der Verunreinigung des Grundwassers durch die Leichenzersetzung wirkt

3. das Verhältniss der Menge von Zersetzungsproducten, welche in die Luft entweichen. Es muss dies natürlich um so grösser sein, je leichter der Boden für Luft permeabel ist, je schneller er trocknet und je geringer die Menge atmosphärischer Niederschläge ist. Es fällt dieses Moment am meisten in die Waagschale in der ersten Zeit des Zersetzungsprocesses, wo bei der gleichzeitigen colliquativen Erweichung eines grossen Theiles der Organe die Quantität der zur gleichen Zeit gebildeten Zersetzungsproducte eine viel grössere ist, als in späteren Stadien, wo der Zerfall der Leiche viel langsamer erfolgt.

Wenn es sich um die Frage handelt, ob das Wasser eines Brunnens oder einer Quelle, welche sich in der Nähe eines Kirchhofs befinden, durch diesen verunreinigt sein kann, so ist noch in erster Linie zu berücksichtigen die Richtung des Gefälles des Grundwassers; denn es ist möglich, dass der Grundwasserstrom in der Richtung von dem Brunnen oder der Quelle gegen den Kirchhof fliesst, also denselben im Brunnen noch nicht passirt hat, wodurch man jeder Besorgniss einer Verunreinigung desselben von dieser Seite überhoben ist.

Ist somit die Möglichkeit, dass unter Umständen dem Grundwasser und damit Brunnen und Quellen, welche zum Trinken benutzt werden, Leichenzersetzungsproducte zugeführt werden, nicht zu läugnen, so entsteht nun weiter die Frage, welchen Grad der Verunreinigung das Wasser unter gewöhnlichen Verhältnissen durch die Leichenäcker erreicht. In dieser Richtung hat Fleck[1]) ausgedehnte Untersuchungen angestellt, indem er eine ganze Reihe von Brunnen auf den 9 Dresdener Begräbnissplätzen wiederholten Analysen unterwarf, wobei er vorzugsweise jene Stoffe quantitativ bestimmte, welche als von der Zersetzung faulender organischer Substanzen herrührend angesehen werden müssen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen waren die, dass die Zusammensetzung der Dresdener Kirchhofwässer in ihrem Gehalt an Verwesungs- und Vermoderungsmaterial von der mittleren Zusammensetzung der Dresdener Brunnenwässer im Allgemeinen nicht wesentlich abweicht; ferner, dass, wenn man, was Niemand anzweifeln wird, die Salpetersäure in den

1) 2. u. 3. Jahresb. d. chem. Centralstelle f. öffentl. Gesundheitspfl. in Dresden.

Brunnenwässern als von der Verwesung organischer und stickstoffhaltiger Bestandtheile des Bodens herrührend betrachtet — und wenn die Menge der Salpetersäure überhaupt andrerseits einen Schluss rechtfertigt, der dahin geht, dass, je mehr Salpetersäure im Wasser, desto mehr lösliche, organische Stoffe im Boden —, die Resultate der Kirchhofbrunnenwasseruntersuchungen aussagen, dass auch der Boden der ältesten Kirchhöfe wenig lösliche organische Stoffe an das Regenwasser abgibt, oder dass der Zersetzungsprocess derartig langsam vorschreitet, dass aus einer Senkgrube oder einer schlecht eingerichteten Abortgrube eines Hauses, sowie aus den Schleusen und Abzugskanälen desselben im Laufe eines Jahres mehr organisches Verwesungs- und Fäulnissmaterial in gelöster Form dem Grundwasser zugeführt wird, als durch die Gräberumgebung des reichlichst besetzten Kirchhofs.

Aehnliche Resultate, wie die Arbeiten von Fleck haben auch die Anderer ergeben. Sie zeigen, dass die Brunnen auf Kirchhöfen meist auch keinen grösseren Gehalt an Ammoniak, Salpetersäure, Chlor und organischen Stoffen besitzen, als vom Grundwasser gespeiste Brunnen bewohnter Orte, dass sie sich mitunter sogar durch ganz reines Wasser auszeichnen.[1])

Man hat allerdings vielfach angenommen, dass schon ein sehr geringer Gehalt an faulenden organischen Substanzen dem Trinkwasser gesundheitsschädliche Eigenschaften verleiht. Was diese Befürchtungen betrifft, so muss hier im Allgemeinen auf den betreffenden Abschnitt dieses Handbuches verwiesen werden; es genügt hier an die Versuche von Emmerich[2]) zu erinnern, welcher nachgewiesen hat, dass der Genuss von Wasser, das reichliche Mengen organischer Stoffe enthält, die den menschlichen und thierischen Abfällen entstammen, keinerlei Störungen der Gesundheit bei Menschen und Thieren hervorbringt und dass selbst die subcutane Injection von Wasser aus stark verunreinigten Brunnen bei Thieren nur ganz vorübergehende Temperatursteigerung bewirkt. Die Thatsache, dass die faulenden Stoffe in unserem Falle von Leichen stammen, ändert nichts in Beziehung auf ihre Gefährlichkeit. Man darf nur bedenken, dass das Wasser jedes Brunnens und jeder Quelle über zahlreiche Leichen gegangen ist. Alles trinkbare Wasser stammt aus der Atmosphäre. Die ganze Oberfläche der Erde, auf die es fällt, wimmelt

1) Vergl. 11. Jahresbericht des sächsischen Landes-Medicinal-Collegiums auf das Jahr 1879. S. 178.

2) Die Einwirkung verunreinigten Wassers auf die Gesundheit. Zeitschr. f. Biologie. Bd. 14. S. 563—603.

von Leichen und man kann nicht annehmen, dass die todten Regenwürmer, Insekten, Eidechsen, Mäuse, Maulwürfe u. s. w. bei ihrer Verwesung anders wirkende Producte liefern sollen, als die todten Menschen. Jedenfalls ist nichts bekannt, dass Leute, welche Wasser aus Kirchhofbrunnen Jahre lang geniessen, irgendwie darunter leiden. Diese Thatsache wird unter Anderen auch von Fleck ausdrücklich constatirt.[1])

Was die Mikroorganismen anlangt, so kommen hier nur die Spaltpilze in Betracht und es ist zu unterscheiden zwischen den eigentlichen Infections- und den Fäulnissbakterien. Die Infectionsbakterien zerfallen in zwei Gruppen: In solche, welche im Menschen reproducirt werden, und in solche, die ausserhalb des Menschen, also unter Umständen im Boden wachsen. Die Ersteren gelangen mit den Leichen in den Boden und können dort von dem durchsickernden Wasser mitgeführt werden. Indessen nimmt Nägeli an, dass sie schon nach kurzer Zeit, längstens nach 4—8 Wochen durch die Fäulniss zerstört sind und es besteht also eine Gefahr, dass sie in das Trinkwasser gelangen nur für die allererste Zeit nach dem Begräbniss einer Leiche, welche an einer der hierher gehörigen Infectionskrankheiten gestorben ist. — Bezüglich der zweiten Gruppe ist kein Grund vorhanden um anzunehmen, dass sie in einem Kirchhofboden sich zahlreicher entwickeln sollen, als in jedem mit organischen Zersetzungsproducten imprägnirten Boden; aber es kann nicht bestritten werden, dass sie ins Wasser und durch dieses in die Menschen gelangen. Was nun die Wahrscheinlichkeit betrifft, dass durch diese beiden Gruppen von Bakterien, wenn sie mit dem Trinkwasser dem Körper zugeführt werden, Krankheiten entstehen, so muss hier auf den diessbezüglichen Abschnitt dieses Handbuches verwiesen werden. Es genügt hier zu sagen, dass diese Wahrscheinlichkeit eine ausserordentlich geringe ist; denn einerseits wird gewiss ein Theil derselben schon durch einen nur kurze Zeit währenden Aufenthalt im Wasser unwirksam, und andrerseits werden sie durch den Magensaft und die Galle in ihrer Lebensenergie sehr geschwächt.

Fäulnissbakterien entwickeln sich, wenigstens in den ersten Zeiten der Leichenzersetzung in colossalen Quantitäten, später, wenn allmählich der grösste Theil des Wassers aus der Leiche entfernt ist, werden sie bei normalem Verlauf der Zersetzung wohl in den meisten Fällen durch die Schimmelpilze verdrängt. Wenn man

---

1) 2. Jahresbericht der chem. Centralstelle etc. S. 53.

übrigens bedenkt, welche enormen Mengen von Fäulnisspilzen im Boden bewohnter Orte, in den Städten durch die Excremente und Abfallstoffe, in viehzuchttreibenden Dörfern in Folge der Düngerstätten gebildet werden und in die Brunnen gelangen können, ohne dass daraus ein nachweisbarer Schaden für die Gesundheit entsteht, so muss dem gegenüber die Gefahr, welche in dieser Richtung von einem Kirchhof droht jedenfalls auf ein äusserst geringes Maass zusammenschrumpfen, wenn nicht ganz verschwinden.

Die Befürchtungen, welche man von der Verunreinigung des Wassers durch die Kirchhöfe gehegt hat, sind vielfach ungemein übertrieben worden. Die Verdünnung, welche die Fäulnissproducte im Wasser erfahren ist meistentheils eine ganz ungeheuer grosse und wir geniessen sehr häufig in anderer Form ungemein viel grössere Quantitäten von faulenden organischen Stoffen oder von Fäulnisspilzen ohne jeden Schaden für unsere Gesundheit, als in dem Wasser eines Kirchhofbrunnens. Nehmen wir nur faulendes Fleisch (Wildpret mit haut goût), Käse, besonders Schmierkäse, Seefische, wie man sie im Binnenland erhält, ebenso Hummern, Sauerkraut etc., so begreift man wohl kaum, wie man angesichts der geradezu colossalen Mengen von Fäulnissproducten und Spaltpilzen, welche wir uns mit Vergnügen einverleiben, die riesigen Verdünnungen, in denen sie im Trinkwasser, welches einen Kirchhof passirt hat, vorkommen können, krankheitserregender Eigenschaften beschuldigen kann. Dort liebt man den scharfen Ammoniakgeruch, hier würde schon eine Spur Ekel erregen. Man hält dieselben Producte der faulenden Zersetzung des Eiweisses für unschädlich und völlig geniessbar und geniesst sie in Menge, wenn unsere Sitten sie in der Speise wünschen, und für ekelhaft und verpestend, wenn wir die nämlichen in lächerlich kleinen, wahrhaft homöopathischen Quantitäten da finden, wo wir sie nicht suchen, im Wasser.

IV.

Hygienische Maassnahmen zum Zwecke einer rationellen Beerdigung. Anlegung von Begräbnissplätzen.

Wie aus dem Vorhergehenden zu entnehmen ist, sind die Gefahren, welche den Lebenden von den Todten drohen bei Weitem nicht so gross, als man sie häufig gemacht hat; unter Umständen aber ist doch die Möglichkeit gegeben, dass von den Leichen gesundheitsschädliche Einflüsse ausgehen und man thut daher gut, im

Allgemeinen Maassnahmen zu treffen, welche Schutz gegen etwaige krankheitserregende Momente gewähren.

Vor der Bestattung sind bloss die Leichen von Kranken gefährlich, welche an solchen Infectionskrankheiten gestorben sind, bei welchen die Ansteckungsstoffe sich an der Oberfläche des Körpers befinden, wie dies bei den exanthematischen Krankheiten der Fall ist, denn es ist immer die Möglichkeit vorhanden, dass von solchen Leichen etwas in die Luft gelangt und Ansteckung bewirkt. Aus anderen Leichen können keine Infectionskeime in die Luft gelangen, denn sie befinden sich im Innern der Leiche im benetzten Zustand (vergl. o. S. 315). Nur wenn solche Leichen äusserlich mit ihren eigenen Auswurfsstoffen beschmutzt sind, kann von ihnen eine Infection ausgehen, weil diese Substanzen eintrocknen und dann in die Luft gelangen können. Am einfachsten wird in beiden Fällen einer Ansteckung vorgebeugt, wenn man, wie Nägeli vorschlägt, die Leichen gleich nach dem Tode in nasse Tücher einwickelt und diese Tücher bis zum Begräbniss nass erhält, wodurch ein Entweichen körperlicher Elemente in die Luft verhindert wird.

1. Bodenbeschaffenheit und Lage der Begräbnissplätze.

Die Hauptaufgabe der Hygiene bei der Beerdigung der Todten ist, wie schon oben gezeigt wurde, die Fäulniss der Leichen möglichst hintanzuhalten und die Verhältnisse so zu gestalten, dass an Stelle der Spaltpilze und der Fäulniss die Zersetzung durch Schimmelbildung und Verwesung Platz greift. Dies lässt sich nach Nägeli[1]) auf verschiedenen Wegen herbeiführen, — durch Wasserentziehung (indem man die Substanz bis auf einen gewissen Grad eintrocknen lässt), durch Zusatz von Säuren oder von Salzen. Ferner begünstigt der Sauerstoff die Schimmelbildung, so dass bei reichlichem Luftzutritt ein geringerer Grad von Austrocknung, eine geringere Menge von Salzen oder Säuren erforderlich ist, um die Fäulniss zu verhindern.

Es handelt sich also darum, wie verfährt man am besten um in Anwendung eines oder mehrerer dieser Mittel auf Begräbnissplätzen Bedingungen herzustellen, welche bewirken, dass an Stelle der Spaltpilze und der Fäulniss, Schimmelbildung und Verwesung tritt.

Das erste und hauptsächlichste Bedürfniss ist, dass zu Begräbnissplätzen ein Boden gewählt wird, der trocken und möglichst leicht durchgängig für Luft ist, damit einerseits die Austrocknung und andrerseits der Zutritt von Sauerstoff befördert wird.

1) Die niederen Pilze etc. S. 256.

Es muss der Kürze halber hinsichtlich der weiteren Begründung auf das weiter oben Angegebene hingewiesen und soll hier nur das Resume gegeben werden, dass diese Bedingung am vollständigsten dadurch erreicht wird, dass möglichst grobporiger Boden zu einem Begräbnissplatz verwendet wird; denn diese Eigenschaft des Bodens bewirkt ein rasches Durchsickern der atmosphärischen Niederschläge und damit schnelles Austrocknen des Bodens, sie verhindert ein Aufsteigen durch Capillarwirkung von Grundwasser aus der Tiefe, und sie gestattet der Luft am leichtesten Durchtritt, indem sowohl dynamischen, als Diffusionsströmungen der geringste Widerstand entgegengesetzt wird. Es muss demnach grobkörniger Kies als das beste Material bezeichnet werden, dann kommt feiner Kies, dann Sandboden, ungünstig sind mit Sand gemischter Lehmboden und in noch viel höherem Grad Thon-, Moor- und sehr humusreicher Boden.

Es dürfte vielleicht nicht überflüssig sein hier noch einmal zu betonen, dass es nicht die Summe des Rauminhaltes der in einem Boden enthaltenen luftführenden Zwischenräume, das Porenvolum, wie es Renk genannt hat, ist, worauf der Schwerpunkt gelegt werden muss, sondern vielmehr die Weite der Poren, denn es können, wie Renk gefunden hat, bei gleichem Porenvolum und unter sonst vollkommen gleichen Verhältnissen durch Boden Luftmengen hindurchgehen, die um das 20000fache verschieden gross sein können und diese Unterschiede werden lediglich bedingt durch eine verschiedene Weite der Poren. Rüppell[1]) hat daher Unrecht, wenn er sagt, steiniger Boden sei bei der Anlegung von Begräbnissplätzen zu vermeiden, weil sein Luftgehalt in demselben Verhältniss geringer wird, in welchem der Raum, den die Steine einnehmen, sich steigert. Die letztere Angabe ist zwar gewiss richtig, allein es werden bei grober Beschaffenheit der Bodenconstituanten die Poren weiter und daher der Luftzutritt wegen der geringeren Reibung erleichtert.

Die Befürchtung, dass aus weitmaschigem Boden die gasigen Zersetzungsproducte der Leichen in grosser Menge austreten und die Luft verpesten, ist, wenn die bedeckende Schichte nicht gar zu dünn ist, ebenfalls hinfällig, denn, wie aus den Untersuchungen von Fleck[2]) hervorgeht, ist die Luftbewegung im Sand- und Kiesboden eine viel lebhaftere, als in Bodenarten mit engeren Poren und es wird daher in demselben eine viel bedeutendere Verdünnung der Leichenemanationen statt haben müssen. Ebenso hat Fleck beobachtet, dass der

1) Ueber die Wahl der Begräbnissplätze etc. Vierteljahrschr. f. gerichtl. u. öffentl. Medicin. Neue Folge. 8. Bd. 1. Heft. S. 32.

2) 3. Jahresbericht der chem. Centralstelle etc. S. 41.

Kirchhofgeruch auf Begräbnissplätzen in Lehm- und Sandboden viel intensiver ist, als auf solchen mit leicht durchlässigem Kiesboden.[1])

Riecke[2]) macht darauf aufmerksam, dass Thonböden, wenn sie austrocknen, sich bedeutend zusammenziehen und dass tiefe Risse in ihnen entstehen, und fürchtet, dass durch diesen Umstand den putriden Emanationen freier Ausweg gegeben werde. Rüppell[3]) gibt dagegen an, dass auf dem Kirchhof der Friedrichs-Werder'schen Gemeinde in Berlin, der aus reinem Thonboden besteht, noch niemals der geringste übele Geruch bemerkt worden sei, und er betrachtet die Spalten eher als ein Correctiv, durch welches die Natur die Unzulänglichkeit der Permeabilität wieder ausgleicht.

Ob die chemische Zusammensetzung einer Bodenart von Einfluss auf die Art der Leichenzersetzung ist, lässt sich wie schon oben (S. 275) angegeben, nicht mit Sicherheit sagen. Vielleicht übt humusreicher Boden insoferne eine chemische Wirkung, als die in ihm enthaltenen organischen Stoffe bei ihrer Zersetzung Sauerstoff wegnehmen, der in Folge dessen den Leichen nicht zu Gute kommt. Mir ist es jedoch wahrscheinlicher, dass die Wirkung des Humus mehr darauf beruht, dass er sehr enge Poren hat und wenn er anderen Bodenarten beigemengt wird deren Poren durch Zwischenlagerung zwischen die Bodentheilchen verengt, und dass er langsam trocknet.

Sehr zu berücksichtigen sind bei der Anlegung von Begräbnissplätzen die Grundwasserverhältnisse. Wenn der Boden nass ist, so wird seine Permeabilität für Luft verringert oder ganz aufgehoben; ausserdem wird durch hohen Feuchtigkeitsgrad an und für sich die Fäulniss begünstigt, und es kann dadurch selbst in ganz grobem Kiesboden die Leichenfäulniss vorherrschend werden. Liegen aber die Leichen gar im Wasser, so wird entweder der Fäulnissprocess sehr in die Länge gezogen oder es kommt zur Adipocirebildung. Das von den atmosphärischen Niederschlägen stammende Wasser, welches durch die Gräber hindurchgesickert ist, ferner, wird, wenn das Grundwasser nur wenig tief unter der Grabessohle sich befindet, nur durch eine dünne Bodenschichte filtrirt, und bringt in Folge dessen faulende Stoffe, die es aus den Gräbern mitgenommen hat, in das Grundwasser. Es muss aus diesen Gründen auf eine möglichst dicke Schichte Boden, welche das Grab vom Grundwasser trennt, das grösste Gewicht gelegt werden. Boden, in welchem das

1) 4. u. 5. Jahresbericht der chem. Centralstelle etc. S. 65.

2) Ueber den Einfluss der Verwesungsdünste etc. Stuttgart 1840. S. 167.

3) A. a. O. S. 31.

Grundwasser unter Umständen so hoch steigt, dass es bis in die Gräber dringt, ist unter allen Verhältnissen als Begräbnissplatz ganz und gar unbrauchbar.

Das Niveau des Grundwasserspiegels ist beständigen Schwankungen unterworfen. Zum Zwecke ein Maass für dessen durchschnittliche Entfernung von der Bodenoberfläche zu gewinnen, genügt daher eine einzige Nachgrabung nicht, sondern es sollte durch langjährige Beobachtung die Amplitüde der Schwankungen erst constatirt sein, denn diese kann unter Umständen ziemlich gross sein. In München z. B. beträgt die Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Stand des Grundwasserspiegels im Laufe der 25 Jahre, während deren regelmässige Beobachtungen angestellt worden sind mehr als 1,5 Meter. In den meisten Fällen werden allerdings solche Beobachtungen nicht zu Gebote stehen, wenn es sich um die Anlage eines Friedhofes handelt, man muss dann eben auf andere Weise Anhaltspunkte über die Höhe, bis zu welcher das Grundwasser häufig emporsteigt zu erhalten suchen und dies wird sich am leichtesten ermitteln lassen durch Nachforschungen über das allenfallsige Eindringen von Grundwasser in die Keller der Wohnungen eines Ortes.

Die Ermittelung der Mächtigkeit des Grundwasserstromes und der Richtung seines Laufes ist ebenfalls von Wichtigkeit, denn einerseits werden durch eine grössere Wassermasse faulende Stoffe, die allenfalls in das Grundwasser gelangen, ausserordentlich verdünnt und andrerseits erfährt man durch die Kenntniss der Stromrichtung mit Sicherheit, ob das Wasser von Brunnen, in deren Nähe der Begräbnissplatz seine Stelle finden soll, überhaupt durch denselben verunreinigt werden kann; denn wenn die Richtung des Gefälles von einem Brunnen gegen den Kirchhof zu verläuft, so ist diese Möglichkeit ausgeschlossen auch bei noch so grosser Nähe des Brunnens. Die Mächtigkeit des Grundwassers direct zu bestimmen fehlt es zur Zeit an Mitteln; man ist darauf angewiesen aus anderen Umständen, wie der Zahl und Ergiebigkeit von nahe gelegenen Brunnen und Quellen einen ungefähren Schluss auf die quantitativen Verhältnisse des Grundwassers zu ziehen. Die Richtung des Grundwassergefälles lässt sich unter Umständen durch Messung und Vergleichung des Wasserspiegels verschiedener Brunnen bestimmen, in den meisten Fällen aber wird dies nur durch genaue Nivellirung möglich sein. Da die Richtung des Gefälles des Grundwassers auch in anderer Beziehung hygienisch von Wichtigkeit ist, so kann man sich dem Wunsche Pettenkofer's, dass jede Stadt einen Niveauplan der einzelnen Brunnenspiegel besitzen sollte, gewiss nur anschliessen.

Damit ein Boden als Begräbnissplatz geeignet ist, muss er noch einige Eigenschaften besitzen, welche sich mehr darauf beziehen, dass er der Herstellung der Gräber mechanisch keine Schwierigkeiten bereitet. Er darf nicht zu locker sein, so dass die Wände des Grabes beim Ausgraben desselben nicht einstürzen. Andrerseits ist felsiger oder sehr steiniger Boden wegen der Schwierigkeiten, die er der Bearbeitung entgegensetzt zu vermeiden.

Nach diesen Erörterungen ist es klar, dass, wenn man bei Anlegung eines Begräbnissplatzes in der Auswahl des Platzes und des Bodenmaterials frei ist, man sich für diejenige Lage entscheiden muss, wo der Boden am trockensten und luftigsten ist, also Kies oder Sand möglichst hoch über dem Grundwasser. — Hat man aber keine freie Wahl, sondern ist man auf eine oder verschiedene Bodenarten oder Plätze angewiesen, die aber alle ungünstig sind für die Verwesung und die Fäulniss begünstigen, so muss man darnach trachten die ungünstigen Eigenschaften durch geeignete Maassregeln nach Kräften zu reduciren und dies erfolgt durch Vorkehrungen, welche dem Boden ein möglichst hohes Maass von Trockenheit und Permeabilität verschaffen.

Man hat zwei Mittel dies zu erreichen 1. durch Drainiren und 2. durch Aufschütten. Beim Drainiren muss man sich eines guten Systems mit hinreichend tiefen Abzugsgräben, welche den Platz rings umgeben, bedienen. Hierbei ist jedoch dafür Sorge zu tragen, dass das ablaufende Wasser, wenn die Kirchhöfe einmal in Gebrauch sind, in geeigneter Weise abgeleitet wird. Ist der Boden felsig, oder der durchschnittliche Stand des Grundwassers nur so wenig tief unter der Bodenoberfläche, dass die Leichen bei gewöhnlicher Tiefe der Gräber ins Wasser kommen würden, so muss der Platz durch Aufschüttung über dic benachbarte Bodenfläche erhöht werden. Dabei ist natürlich so viel als möglich als Aufschüttungsmaterial Kies zu verwenden. Aufgeschütteter Boden hat den Nachtheil, dass er locker ist und daher längere Zeit braucht, bis er sich zusammensetzt und die nöthige Festigkeit erhält um beim Ausgraben der Gräber zu halten; ausserdem wird die Schichte durch das Sichsetzen des Bodens niedriger, man muss daher die Aufschüttungen entsprechend höher machen.

Je mehr die Beschaffenheit des Bodens dazu geneigt ist die Feuchtigkeit anzuziehen und festzuhalten, umsomehr ist durch zweckdienliche Anlage der Oberfläche dafür Sorge zu tragen, dass das Regenwasser möglichst abfliesst und nicht eindringt.

Die Befürchtung, dass durch Anwendung aller möglichen Maass-

regeln um einen Kirchhofboden recht trocken zu erhalten am Ende ein Grad von Trockenheit erreicht würde, so dass die Leichen mumificiren und gar nicht in Verwesung übergehen möchten, braucht man nicht zu hegen. Denn es ist zu bedenken, einerseits, dass die Oberfläche hin und wieder vom Regen benetzt wird, dass sie eine mehr oder weniger mit Vegetation bedeckte Humusschicht besitzt und bei trockenem Wetter wohl auch meistens begossen wird — andrerseits, dass in der Tiefe entweder Grundwasser oder eine nasse undurchlässige Schicht sich befindet. Der die Leichen aufnehmende Untergrund ist daher eingeschlossen zwischen einer absolut feuchten (nassen) und einer relativ feuchten Schicht. So trocken sie nun an und für sich ist, so muss sie, wie sich aus einer Menge von Beispielen und Versuchen im Kleinen ergibt, immer noch mehr als genug Feuchtigkeit enthalten, um eine reichliche Schimmelvegetation zu gestatten.[1])

Es ist eine ziemlich verbreitete Anschauung, dass eine Lehmdecke über den Gräbern das Austreten der Fäulnissgase in die Luft verhindere. Diese Ansicht ist, wie Pettenkofer darthut[2]), unbegründet. Denn eine solche Lehmdecke ist nicht nur nicht luftdicht, sondern nicht einmal wasserdicht. Die Lehmdecke bewirkt nur, dass nicht genug Luft in den Gräbern wechselt und der Boden nach einem Regen zu lange feucht bleibt, um der Verwesung ein Uebergewicht über die Fäulniss zu verschaffen, ist aber durchaus nicht im Stande, den durch Fäulniss entstehenden Gasen den Austritt zu verwehren.

Es ist oben dargethan worden, dass der Kirchhofgeruch direct keinen Schaden für die Gesundheit bringt, dass er jedoch indirect vielleicht schädlich, jedenfalls aber lästig wirkt, weil er die in der Nachbarschaft eines Friedhofs Wohnenden veranlasst möglichst wenig die Fenster der Wohnungen zu öffnen und ihnen so die Zufuhr der frischen Luft verkümmert. Fleck[3]) hat gefunden, dass die Ursache des Kirchhofgeruches darin zu suchen ist, dass beim Aufgraben alter Gräber zum Zwecke der Wiederbelegung Erdreich, in welchem Theile der organischen Masse der Leiche noch nicht vollständig zerstört sind, mit der Atmosphäre in offene Berührung gebracht werden und in Folge dessen der Verwesungsgeruch sich aufs Neue geltend macht. Fleck gibt zugleich an, dass die Mischung von altem Gräberboden

1) Nägeli, Die niederen Pilze etc. München 1877. Oldenbourg. S. 258.

2) Zeitschr. f. Biologie. Bd. 1. S. 63.

3) 4. u. 5. Jahresbericht der chem. Centralstelle etc. 1876. S. 65.

mit ungefähr $^1/_{10}$ seines Volums von schwach angefeuchtetem Lohmehl den Geruch fast augenblicklich zum Verschwinden bringt. Aehnlich und fast gleich intensiv soll seiner Aussage nach Holzsägemehl wirken. Ich bin überzeugt, dass durch Bedecken des stinkenden Bodens mit einer Schichte trockener Gartenerde das Gleiche erreicht wird und erinnere in dieser Hinsicht nur an das Moule'sche Erdcloset. Ausserdem wandte schon Orfila[1]) zum Zwecke der Zerstörung des Leichengeruches bei Exhumationen Begiessungen des Cadavers und des Erdreichs mit Chlorkalk mit Erfolg an. Die gleiche Erfahrung machte Créteur[2]) bei den Desinfectionsarbeiten auf dem Schlachtfeld von Sedan. Beim Begiessen des Erdreiches mit Chlorkalklösung verschwand der Leichengeruch in wenigen Augenblicken (vgl. Créteur S. 49). Man hat also in diesen Stoffen wirkliche Desodorisationsmittel, welche leicht und billig zu haben sind und den Kirchhofgeruch sicher zerstören.

Diese Mittel können unter Umständen entbehrlich gemacht und noch andere Nachtheile vermieden werden durch eine entsprechende Lage des Kirchhofes. Der Kirchhof soll wo möglich an einem Ort liegen, an welchem übeler Geruch durch eine möglichst rasche Verdünnung mit grossen Mengen frischer Luft zum Verschwinden gebracht wird. Dies lässt sich am leichtesten erreichen auf hochgelegenen den Winden leicht zugänglichen Punkten. — Hohe Lage eines Kirchhofes verdient überdies, wie schon weiter oben hervorgehoben wurde wegen der meist grösseren Entfernung des Grundwassers von der Grabessohle den Vorzug. Am günstigsten ist ein hochgelegenes Plateau. Auch ein Platz jenseits eines Hügels vielleicht an einem von der Stadt abgewandten Bergabhang würde den Zweck, den Verwesungsgeruch von den bewohnten Stätten abzuhalten zweckmässig erfüllen. Indessen ist gegen Bergabhänge Verschiedenes zu erinnern. Sie dürfen vor Allem keinen zu starken Neigungswinkel haben. Ich theile zwar aus schon oben angeführten Gründen die Befürchtung Rüppell's[3]) nicht, dass bei steilen Abhängen das Regenwasser rasch abfliesst und in Folge davon die Leichen nicht benetzt werden und nur äusserst langsam vermodern; dagegen glaube ich mich dahin aussprechen zu müssen, dass die nach abwärts am Ende der Abhänge gelegenen Theile meist feucht

1) Orfila u. Lesueur, Handbuch zum Gebrauche bei gerichtl. Ausgrabungen etc. Uebersetzt von Güntz. Leipzig 1832.

2) Créteur, L'Hygiène sur les champs de batailles. Paris 1871. Baillière.

3) Die Wahl der Begräbnissplätze. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. u. öffentl. Medicin. N.F. Bd. 8. Heft 1. S. 34.

sind und daher die Fäulniss der daselbst begrabenen Leichen mit ihren Consequenzen begünstigen. Bei zu grossem Neigungswinkel ist ferner die Gefahr vorhanden, dass das durch häufiges Aufgraben gelockerte Erdreich, besonders nach Zeiten anhaltend nassen Wetters, rutscht.

In Niederungen und wasserreichen Gegenden muss bei Anlage eines Kirchhofes auch noch die Möglichkeit von Ueberschwemmungen berücksichtigt und der Kirchhof davor gesichert werden, denn es sind Fälle vorgekommen, dass die Fluthen die Gräber geöffnet und die Leichen fortgeschwemmt haben.

Bei hochgelegenen Plätzen ist noch auf einen Punkt zu achten, nämlich, dass sie, besonders gilt dies auch für den Winter, leicht zugänglich sind.

2. Särge.

Durch die in Obigem angegebenen Vorkehrungen wird es möglich werden mehr oder weniger vollständig im Boden Bedingungen herzustellen, welche der Verwesung das Uebergewicht über die Fäulniss verleihen. Indessen wird es durch derartige Behandlung des Bodens nicht immer gelingen den Leichnam vor Benetzung von oben zu schützen. In dieser Beziehung tritt der Sarg ergänzend ein. Ich habe schon oben (S. 267) meiner Anschauung Ausdruck verliehen, dass die Särge nicht blos Bedingungen schaffen, welche eine Verzögerung der Leichenzersetzung im Gefolge haben, wenn sie auch vielleicht bei der jetzt gebräuchlichen Construction manche Nachtheile dadurch bringen, dass sie den Zutritt von Luft erschweren. Bei zweckmässiger Herstellung kann durch die Särge gewiss eine Beschleunigung des Ueberganges von Fäulniss in Verwesung erzielt werden, indem einerseits die Befeuchtung der Leiche von oben verhindert und andrerseits der Luftzutritt und der Abfluss von Fäulnissjauche und die Wasserverdunstung befördert werden. Nägeli[1]) schlägt daher vor, dem Sarg einen übergreifenden Deckel zu geben, der zweckmässig, wenn auch nicht nothwendig, aus hartem Holz gefertigt ist. Die Wände des Sarges sollen durchbohrt sein oder was noch besser ist aus Latten, mit möglichst grossen Zwischenräumen bestehen. Das Allerbeste wäre, wie Nägeli meint, vielleicht, wenn der in die Todtengewänder gehüllte Leichnam unmittelbar auf die mütterliche Erde gelegt und nur mit einem gewölbten Sargdeckel bedeckt würde. Den Rath, die Leichname gänzlich ohne Sarg zu

---

1) Die niederen Pilze etc. München 1877. Oldenbourg. S. 259.

beerdigen hält Nägeli nur dann für rationell, wenn der Boden ganz trocken und vor dem eindringenden Regenwasser geschützt ist.

In neuerer Zeit sind von mehreren Seiten Vorschläge gemacht worden, welche dahin zielen die Todten unschädlich zu machen durch Beseitigung der bei ihrer Zersetzung entstehenden übelriechenden Producte. Dies wurde auf zweierlei Weise zu erreichen gesucht: 1. durch Einlegen der Leichen in Kohlenpulver, und 2. durch Einschliessen derselben in Cement.

Das erstere Verfahren ist hauptsächlich von Francis Seymour Haden und E. Hornemann[1]) empfohlen worden. Die Leichen sollen dabei in einen Sarg kommen, dessen Wände durchbrochen, also entweder mit Bohrlöchern versehen oder aus Weidengeflecht, Latten etc. hergestellt sind; der nackte Leichnam aber wird zwischen einige Zoll dicke Schichten von Kohlenpulver eingebettet. Nach den Versuchen von Stenhouse verläuft die Zersetzung der Leichen in Holzkohlenkleie rasch und völlig geruchlos. Man kann daher obiges Verfahren mit Vortheil anwenden bei Leichnamen die in geschlossenen Grüften in Kirchen etc. beigesetzt werden; beim Begraben in einem guten Kirchhofboden mit entsprechendem Sarg bedarf man desselben nicht. Es spielt hier der Boden dieselbe Rolle wie dort das Kohlenpulver.

Die andere Methode, nämlich die Leichen in hermetisch schliessenden Steinsärgen zu conserviren war schon bei den alten Peruanern in Gebrauch.[2]) In neuerer Zeit ist sie von Steinbeis[3]) in Stuttgart wieder in Vorschlag gebracht worden und zwar in der Weise, dass die Leichen zuerst mit einer dünnen Lage von Cement incrustirt und dann in einen Cementsarg gebracht und mit flüssigem Cement umgossen werden, so dass sie in eine Art künstlichen Felsen eingeschlossen sind. Für ein analoges Project hat ein Herr Gratry[4]) ein Patent erworben und in dieselbe Categorie gehört eine Erfindung von Trübenbach[5]), der eine Masse verwendet, die der des sog. Siderolith ähnlich ist.

Wenn man bei diesen Steinsärgen ganz von anderen Einwänden absieht, welche sich gegen dieselben theils hinsichtlich des Kostenpunktes, theils wegen der geringen Resistenzkraft des Materials gegen

1) Hygienische Abhandlungen. Deutsche Uebersetzung v. E. Liebich. Braunschweig 1881. Vieweg u. Sohn. S. 82.

2) Wernher, Die Bestattung der Todten. Giessen 1880. J. Ricker. S. 92.

3) Beilage zur allgem. Zeitung 1874. Nr. 154.

4) Dévergie, Nouveau mode d'inhumation dans les cimetières. Annales d'hygiène etc. 1876. I. série. p. 86. 5) Zeitschr. f. Epidemiologie. Bd. 2. Heft 1. S. 49.

äussere Einflüsse erheben lassen, so sind sie schon desshalb zu verwerfen, weil sie eine Conservirung der Leichen bewirken, während von hygienischen Gesichtspunkten eine möglichst rasche und vollständige Zerstörung derselben angestrebt werden muss.

3. Chemische Mittel zur Beförderung der Verwesung.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen wird die Zersetzung der Leiche stets durch Fäulniss eingeleitet und erst nach kürzerer oder längerer Zeit tritt, auch wenn Boden und Sarg noch so zweckentsprechend sind, die Verwesung an Stelle der Fäulniss. Es ist indess möglich durch chemische Mittel, welche der Spaltpilzbildung hinderlich, dagegen der Schimmelbildung förderlich sind, die Leichen vor Fäulniss zu bewahren.[1]) Dies geschieht durch Salze oder Säuren (Kochsalz, Schwefelsäure, Salzsäure, Oxalsäure, Weinsäure) oder auch durch Salz und Säure zugleich. Nägeli schlägt vor diese fäulnisswidrigen Substanzen theils in die Brust- und Bauchhöhle, theils in die Leichengewänder zu bringen. Für den Leichnam eines Erwachsenen von 60 Kgrm. Gewicht dürften nach seiner Ansicht 7 Kgrm. Kochsalz (ohne Säure) oder 1½ Kilo Weinsäure (ohne Salz) mehr als genügen, wenn man die Mittel in der angegebenen Weise verwendet. Wird das Oeffnen der Leiche nicht gestattet, so könnte diese auch nur äusserlich mit Salz umgeben werden, wozu es dann aber einer grösseren Menge bedarf. Doch wären auch im letzteren Falle für einen Erwachsenen von 60 Kilo Gewicht 10 Kilo Kochsalz wohl ausreichend.

Nägeli glaubt, dass, wenn die Leichen in dieser Weise in einem guteingerichteten Kirchhof beerdigt werden, die Fäulniss derselben nur in der ersten Zeit und in sehr beschränktem Maasse möglich ist und dass die Zerstörung des Leichnams schon bald nach der Beerdigung durch Schimmelpilze bewirkt wird und vollkommen ungefährlich ist.

4. Verhältniss der Lage der Begräbnissplätze zu den Wohnungen.

In den Abschnitten über den Einfluss der Leichenzersetzung auf die menschliche Gesundheit durch die Vermittelung von Luft, Boden und Wasser ist gezeigt worden, dass die sanitären Gefahren, welche von der Beerdigung der Todten zu befürchten sind, an und für sich nur sehr gering sind. Aber auch die noch etwa vorhandenen können durch nach den im Vorstehenden angegebenen Grundsätzen ausge-

---

1) Nägeli, Die niederen Pilze etc. S. 259.

führte zweckmässige Maassnahmen bei der Anlage von Begräbnissplätzen und bei der Beerdigung selbst, auf ein Minimum zurückgeführt, wenn nicht ganz zum Verschwinden gebracht werden. Es muss daher in erster Linie das Augenmerk immer auf die Erfüllung der in dieser Richtung erforderlichen hygienischen Bedingungen gerichtet sein und nur wenn man von dieser Seite her in der Wahl eines Platzes zur Anlegung eines Begräbnissortes in keinerlei Weise eingeschränkt ist, kann auch auf das Verhältniss der Lage zu den bewohnten Orten Rücksicht genommen werden. Es muss daher dieser letzteren Frage, welcher früher viel Gewicht beigelegt wurde, jetzt vom hygienischen Gesichtspunkt aus eine untergeordnete Stellung zugewiesen werden und es sind viel mehr Gründe anderer Art, welche theils der Pietät gegen die Todten, theils aber andrerseits dem den Menschen innewohnenden Gefühl der Scheu vor dem Tod und Allem, was darauf Bezug hat, theils finanziellen Erwägungen entspringen, die derselben eine gewisse Bedeutung erhalten.

Hinsichtlich des Verhältnisses der Lage der Begräbnissplätze zu den Wohnungen kommt einerseits die Richtung und andrerseits die Entfernung in Betracht.

Was nun zunächst die Richtung anlangt, so ist darauf Bedacht zu nehmen, dass der Friedhof nicht auf einem Platz zu liegen kommt, von welchem das Gefäll des Grundwasserstromes gegen die Wohnungen zu gerichtet ist. Ferner muss auf die vorherrschende Windrichtung, wenn eine solche überhaupt zu constatiren ist, Rücksicht genommen und der Kirchhof dann natürlich auf die entgegengesetzte Seite des Ortes verlegt werden, damit allenfallsiger übler Geruch nicht in die Wohnungen, sondern von ihnen weggetrieben wird. Trifft es sich, dass ein sonst geeigneter Platz zu Gebote steht, der durch einen kleinen Wald von den Häusern des Ortes getrennt ist, so ist es gut diesen als mechanisches Schutzmittel zu benutzen. Wenn eine wachsende Stadt die Tendenz zeigt, sich in einer bestimmten Richtung auszudehnen, so wird man diesem Umstand Rechnung tragen müssen, damit nicht in kurzer Zeit der Kirchhof von Häusern umgeben ist, was besonders dann misslich ist, wenn es sich in späterer Zeit um die Vergrösserung des Kirchhofes handelt.

Wie man sieht, lassen sich bezüglich der Richtung von bewohnten Orten, in der Begräbnissplätze angelegt werden sollen, noch gewisse Grundsätze angeben, welche auf Salubritätsrücksichten basiren. Nicht das Gleiche ist der Fall, wenn es sich um die Entfernung handelt, die zwischen einem Begräbnissplatz und einem bewohnten Ort, besonders einer Stadt offen gelassen werden soll.

Man hat sich in früherer Zeit vielfach bemüht bestimmte Distanzen anzugeben, welche die Kirchhöfe von den Wohnungen trennen sollten. Der grosse Unterschied in den Maassen der Entfernungen, welche durch gesetzliche Bestimmungen festgestellt wurden, zeigt zur Genüge, dass es mehr die subjective Anschauung des Gesetzgebers über den Grad der Schädlichkeit der Kirchhöfe war, welche als Basis für die Bemessung der Entfernung diente, als wirklich vorliegende die Schädlichkeit beweisende Thatsachen. Einige Beispiele mögen hier genügen. Das Decret vom 23. Prairial XII verlangte 40 Meter Distanz von der Enceinte der Städte und Flecken. — Das Gesetz 15 etc. 16 Victor. Cap. 85 stellt fest, dass Begräbnissplätze ohne Einwilligung des Besitzers oder Nutzniessers in London nicht weniger als 200 Yards (= 182 Meter) vom nächsten Wohnhaus angelegt werden dürfen. Preussische Regierungen haben 600 Fuss, 1000 Schritt etc. fixirt.[1] Riecke[2]) hat vorgeschlagen bei einer Einwohnerzahl von 500—1000 Seelen 150 Schritt Abstand, bei 1000 bis 5000 Seelen 300 Schritt und darüber hinaus 500 Schritt festzusetzen, bei volkreichen Städten noch mehr.

Von hygienischen Gesichtspunkten ist, wie schon oben dargelegt, kein Grund vorhanden, der eine Entfernung der Begräbnissplätze von den Wohnungen bedingt, denn es sind von gut angelegten Kirchhöfen Nachtheile für die Gesundheit thatsächlich fast gar nicht nachzuweisen. Es ist daher von dieser Seite gar nichts dagegen einzuwenden, dass die Kirchhöfe in unmittelbarer Nähe der Häuser angelegt werden. Es sind ja auch die Fälle zahlreich genug, wo Kirchhöfe in Städten ganz umgeben von Häusern schon seit langer Zeit benutzt werden, ohne dass sich je Klagen wegen Verderbniss der Luft oder des Wassers gegen sie erhoben hätten.

Trotzdem ist es zweckmässig die Begräbnissplätze, wenn sich ein geeigneter Ort dafür findet, in einiger Entfernung von bewohnten Orten anzulegen. Es empfiehlt sich dies einerseits aus Gründen der Pietät gegen die Todten, welchen wir gerne eine stille Ruhestätte fern vom Getriebe des Lebens gönnen möchten, andrerseits aber um für den Fall, dass nach Jahren eine Vergrösserung des Gottesackers nothwendig wird, nicht durch den Umstand, dass der Platz ganz von Gebäuden eingeschlossen ist, genöthigt zu sein, einen neuen Friedhof an einer anderen Stelle anlegen zu müssen, was immer grössere Kosten macht, als eine blosse Erweiterung des schon be-

---

1) Pappenheim, Handbuch der Sanitätspolizei. Berlin 1870. 2. Bd. S. 365.
2) Ueber den Einfluss der Verwesungsdünste etc. S. 98.

stehenden. Eines der Motive jedoch, welches sich bei der Neuanlage eines Kirchhofes immer hauptsächlich geltend macht, ist die Scheu vor demselben. Pettenkofer sagt sehr mit Recht[1]): „Den meisten Menschen wohnt einmal eine gewisse Scheu vor einem Gottesacker und vor dem, was darauf vorgeht, inne, und dieses Gefühl ist überall der natürliche Hebel gewesen, der diese Anstalten aus der Nähe der menschlichen Wohnungen in allen grösseren Städten allmählich aber unaufhaltsam in die Ferne gerückt hat. Es ist deshalb vor Allem von Wichtigkeit, einen grossen Gottesacker nicht nur in hinreichender Entfernung von den Wohnungen anzulegen, sondern den Platz auch in einer Richtung zu wählen, in welcher die Ausdehnung der Stadt am wenigsten zu erwarten ist; — an diesem Platze werden die Todten am längsten Ruhe haben. Man kann zwar sagen, es sei Sache jedes Einzelnen, seine Wohnung fern vom Gottesacker aufzuschlagen und dessen Nähe zu vermeiden. Im Allgemeinen geschieht dies auch, aber die Interessen des Lebens sind mächtiger als die Scheu vor den Todten, und so lässt sich nirgends beobachten, dass die Ausdehnung einer Stadt eine andere Richtung nehme, wenn man ihr auch einen Gottesacker in den Weg legt. Die Ausdehnung schreitet fort und wenn sie hart bis an die Kirchhofmauer gelangt ist, beginnt die Agitation, den Gottesacker wieder zu entfernen. Diese Agitation wird zuletzt immer mit Erfolg gekrönt, man sieht das am Gang der Kirchhoffragen in allen grossen Städten, durch ein Zusammenwirken der verschiedensten Motive und Interessen müssen die Gottesäcker vor den Ansiedelungen der Lebenden zurückweichen, selbst wenn vom Standpunkt der Salubrität gar kein gegründeter Einwand zu erheben ist."

Bei der vorliegenden Frage ist noch einem Umstand einigermaassen Rechnung zu tragen. Es sollte nicht durch zu grosse Entfernung des Friedhofes von einer grossen Stadt den Trauernden der Besuch des Grabes eines theueren Dahingeschiedenen zu sehr erschwert werden.

5. *Tiefe der Gräber.*

Der Zweck, welcher durch eine bestimmte Tiefe der Gräber erreicht werden soll, ist, die Leiche mit einer Schicht Boden zu bedecken, welche dick genug ist, um den Austritt von übelriechenden Gasen in solcher Menge zu verhindern, dass sie für den Geruch bemerkbar werden. Die Frage, welche Dicke die Bodenschicht be-

---

1) Zeitschr. f. Biologie. Bd. 1. S. 59.

sitzen muss, um den in Rede stehenden Zweck zu erfüllen, lässt sich theoretisch nicht lösen. Sicher verhalten sich in dieser Beziehung verschiedene Bodenarten verschieden. Es ist durchaus nicht nothwendig, dass, wie es auf den ersten Blick wahrscheinlich erscheint, sehr grobporiger Boden bei gleicher Dicke der Schicht leichter zum Auftreten übelen Geruches Veranlassung gibt, als solcher mit engeren Poren; denn, wenn auch der Durchtritt der übelriechenden Gase durch Boden mit weiten Poren leichter von Statten geht, als durch feinmaschigen, so ist doch andrerseits die Luftmenge, welche durch den grobporigen Boden in der Zeiteinheit hindurchgeht eine viel grössere und dementsprechend die Verdünnung der stinkenden Gase eine viel bedeutendere.

Die Möglichkeit eines übelen Geruches würde allerdings um so mehr vermieden, je tiefer man die Gräber machte, allein es würde dieser Vortheil mit zunehmender Tiefe weit aufgewogen durch die damit verbundenen Schattenseiten. Einmal wird der Zutritt der Luft zur Leiche um so mehr erschwert, je dicker die Bodenschicht ist und demgemäss würde die Fäulniss vorherrschend werden und sich sehr in die Länge ziehen; ferner aber kommt man mit zunehmender Tiefe des Grabes dem Grundwasser immer näher und schliesslich in das Bereich desselben, was die oben geschilderten übelen Folgen für die Leiche wie für das Wasser nach sich ziehen würde.

Man ist in der vorliegenden Frage auf die Resultate der Erfahrung angewiesen und diese hat so ziemlich übereinstimmend an vielen verschiedenen Orten zu einer Tiefe der Gräber von circa 1,88 Meter geführt. Das französische Decret bestimmt sie zu 1,5 bis 2 Meter ohne zu bestimmen, unter welchen Umständen die geringere oder bedeutendere Tiefe des Grabes zu wählen ist. Nach der Hessen-Darmstädtischen Verordnung sollen die Gräber 1,73 – 2,01 Meter tief gemacht werden; nach der josephinischen Verordnung 6 Fuss österreichisch = 1,9 Meter tief, in dem Falle aber, wo die Ueberschüttung mit Kalk unterlassen würde, noch tiefer. Die Instruction der Regierung zu Coblenz vom 1. März 1828, die Aarauer Verordnung vom 3. August 1808, und die badische Verordnung vom Jahre 1838 schreiben 6 Fuss = 1,7 Meter Tiefe für die Gräber Erwachsener vor. Die grösste Tiefe ist in Heilbronn Sitte, nämlich 8 Fuss = 2,3 Meter; ebenfalls grössere Tiefe nämlich 2,04 Meter war durch die frühere Münchener Bestimmung vorgeschrieben, während nach der jetzt geltenden vom Jahre 1870 eine Tiefe der Gräber von 1,75 Meter für Erwachsene festgesetzt ist, es muss aber auf jedem Grabe ein Hügel von 0,43 Meter Höhe errichtet sein. Die geringste Tiefe wird

von den Regierungen von Arnsberg und Stralsund gestattet, nämlich 5 Fuss preussisch = 1,41 Meter. Letztere erlaubt sogar bei ungünstigen Grundwasserverhältnissen noch tiefer, bis auf 4 Fuss herunterzugehen, verlangt dagegen für den Grabhügel eine Höhe von 2 Fuss.

An manchen Orten wird ein Unterschied gemacht zwischen der Tiefe der Gräber von Erwachsenen und von Kindern und für letztere durchschnittlich 1,2—1,7 Meter = 4—4½ Fuss verlangt. Nur 3 Fuss = 0,94 Meter tief sogar werden die Kinder bis zu 10 Jahren auf dem Kirchhof der Werderschen Gemeinde in Berlin begraben.[1]) In München ist die Tiefe der Gräber für Kinderleichen vom 1. bis incl. 6. Lebensjahre auf 0,87 Meter; vom 7. bis incl. 11. Lebensjahre auf 1,16 Meter festgesetzt; indessen ist die Errichtung eines 0,43 Meter hohen Grabhügels vorgeschrieben. Riecke hat vorgeschlagen, man soll die Gräber bei Kindern bis zu 7 Jahren 4 Fuss = 1,15 Meter, von 7—14 Jahren 5 Fuss = 1,43 Meter, und für Personen über 14 Jahren 6 Fuss württembergisch = 1,72 Meter tief machen, vorausgesetzt, dass man die nach der Einsenkung des Sarges in das Grab hinabgeworfene Erde festtreten lässt.[2]) Es ist ganz zweckmässig die Leichen der Kinder weniger tief zu begraben, als jene Erwachsener, da bei der geringeren Gesammtmenge der fäulnissfähigen Stoffe, auch eine dünnere Erdschicht hinreichend ist, um die Zersetzung ohne äusserlich merkbaren Geruch von Statten gehen zu lassen.

Es ist schon mehrfach der Anlegung von Gräbern mit einer geringeren, als der jetzt üblichen, Tiefe das Wort geredet worden. So gibt Pettenkofer[3]) seiner Ueberzeugung Ausdruck, dass bei einem luftigen Boden auch 4 Fuss = 1,17 Meter ausreichend wären. Auch Rüppell[4]) ist der Ansicht, dass man, bei den grossen Vortheilen, welche jede Ersparniss an der Tiefe der Gräber mit sich bringt, wenigstens Versuche auf abseits gelegenen Begräbnissplätzen mit weniger tiefen Gräbern machen sollte. Er glaubt nach Erfahrungen die auf den böhmischen Schlachtfeldern im Jahre 1866 gemacht wurden, wonach nirgends auch nur die leiseste Andeutung eines übelen Geruches wahrzunehmen war, dass Versuche mit 4 Fuss tiefen Gräbern keine ungünstigen Erfolge ergeben würden.

Ich schliesse mich ebenfalls der von den letztgenannten Autoren aufgestellten Ansicht an und halte es für sehr wünschenswerth, dass

---

1) Rüppell, Ueber die Wahl der Begräbnissplätze. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. u. öffentl. Medicin. N. F. VIII. Bd. 1. Heft. S. 36.

2) Riecke a. a. O. S. 177.

3) Zeitschr. f. Biologie. Bd. 1. S. 64. 4) A. a. O. S. 37.

einmal der Versuch gemacht wird eine geringere Tiefe der Gräber als die bis jetzt üblichen 6 Fuss anzuwenden. Die Angabe Rüppell's bezüglich der böhmischen Schlachtfelder ist zwar von anderer Seite nicht bestätigt worden[1]), allein es bleibt hierbei immer die Frage, wie dick die die Leichen bedeckende Schicht Boden war, und ich bin der Ansicht, dass dieselbe wohl bei vielen der Massengräber nicht so dick gewesen ist, als bei einer Grabestiefe von 1,17 Meter. Ich glaube, dass es genügen würde die Gräber so tief zu machen, dass der Sarg von einer 0,6 Meter dicken Bodenschicht bedeckt wird. Wenn hierzu noch ein Grabhügel kommt, wie dies ja meist der Fall ist, dessen Höhe auf 0,4 Meter festgesetzt werden könnte, so bin ich der Ansicht, dass damit das Auftreten jedes übelen Geruches vermieden, dagegen aber die Verwesung der Leiche sehr beschleunigt würde. Die bis jetzt übliche Tiefe von 6 Fuss hat keine weitere Stütze für sich als das Herkommen. Es erscheint daher der Versuch gewiss gerechtfertigt ein Verfahren anzuwenden, welches, wenn es sich bewährt, verschiedene nicht zu unterschätzende Vortheile bieten würde. Als solche sind zu bezeichnen 1. die grössere Schnelligkeit der Verwesung, 2. die Verminderung der Arbeit, 3. die grössere Entfernung der Leiche vom Grundwasser, durch welche einerseits eine Reinhaltung desselben für viele Fälle erzielt und andrerseits die Anlegung von Begräbnissplätzen erleichtert wird, indem dann auch Plätze gewählt werden können, welche sonst bei der jetzigen Tiefe der Gräber des Grundwassers wegen nicht benutzt werden können.

Ich habe oben aus dem Grunde nicht die Tiefe der Grabessohle, sondern jene der bedeckenden Bodenschicht als das festzusetzende Maass angegeben, weil, wie Rüppell[2]) anführt, die Höhe der Särge in verschiedenen Gegenden eine sehr verschiedene ist, so dass z. B. in Berlin die Särge fast noch einmal so hoch sind, als die am Rhein gebräuchlichen.

Für Kinder wäre natürlich eine entsprechend geringere Dicke der Bedeckung mit Boden hinreichend und es würde sich vielleicht empfehlen hier Unterschiede vom Alter bis zum 7. und vom 7. bis 11. Lebensjahre zu machen, wie dies in München der Fall ist.

6. *Durchschnittliche Grösse des Flächenraumes für ein Grab.*

Die Grösse des Flächenraumes, welchen ein Grab auf einem Kirchhof im Durchschnitt einnehmen soll, zu bestimmen, ist deshalb

---

1) Feltl, Die Desinfection des Königsgrätzer Schlachtfeldes etc. Citirt in Kirchner, Lehrbuch der Militär-Hygiene, Erlangen 1869. S. 316.

2) Rüppell a. a. O. S. 37.

von Bedeutung, weil auf diese Weise einer der Factoren gewonnen wird, welche man kennen muss, um eine Berechnung über die Grösse eines anzulegenden Begräbnissplatzes anstellen zu können. Es kommen hierbei mehrere Momente in Betracht, die im Folgenden besprochen werden sollen.

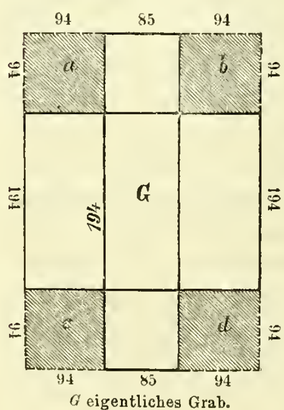
Als Maasse für die Grösse des Grabes eines Erwachsenen gibt Pappenheim[1]) folgende Zahlen an, die ich hier deshalb anführe, weil sie so, wie sie von Pappenheim aufgestellt worden sind, von verschiedenen Autoren ohne nähere Prüfung oder anderweitige Bemerkung wiedergegeben worden sind, trotzdem die Voraussetzungen nicht alle stichhaltig und das Resultat der Berechnung, welche sich auf diese Zahlen stützt, unrichtig ist.

Pappenheim rechnet die mittlere Körperlänge eines Erwachsenen zu 1,6 Meter, die Breite an den Schultern resp. dem Becken zu 0,51 Meter, den Sarg am Kopf- und Fussende an jedem 4 Ctm. im Lichten länger, sonach 1,68 Meter im Lichten lang, und an den Seiten, auch an jeder 4 Ctm. weiter, sonach 59 Ctm. weit, ferner die Sargwandung 3 Ctm. dick, woraus die mittlere Sarglänge zu 1,74 Meter, die Breite zu 65 Ctm., die Gesammtsargfläche zu 1,1310 Quadratmeter resultirt; damit nun der Sarg in das Grab gesetzt werden kann, ohne die Wände des letzteren einzustossen muss das Grab in jeder Dimension etwa 10 Ctm. weiter sein, das ist Länge = 1,94 Meter, Breite = 85 Ctm., Fläche = 1,6490 Quadratmeter. Aber dies ist nur die Sohlenfläche des Grabes. Pappenheim nimmt nun weiter an, dass, um zu vermeiden, dass Grabgase aus dem besetzten Grabe bei dem Graben eines neuen durch die Seitenwand in grösserer Menge hervorkommen, als durch das Dach des Grabes, bei einer Tiefe des Grabes von 1,88 Meter der Zwischenraum zwischen zwei Gräbern ebensoviel, also für ein Grab je 94 Ctm. auf jeder Seite betragen müsse. Diese Annahme Pappenheim's ist gewiss unrichtig, denn angenommen, dass die Leichengase wirklich so dicke Bodenschichten mit Leichtigkeit zu durchdringen vermögen, so müsste der Zwischenraum zwischen zwei Gräbern jedenfalls dicker angenommen werden, als die die Leiche nach oben zu bedeckende Bodenschicht, und zwar deshalb, weil das Grab oben immer mit Humus bedeckt und meist auch bepflanzt ist. Dadurch wird für die Leichengase der Austritt nach oben sehr erschwert und sie würden gewiss so lange nach den Seiten entweichen, bis die ihnen entgegenstehenden Hindernisse an den Seiten grösser sind als jene nach oben.

1) Handbuch der Sanitätspolizei. Berlin 1870. Hirschwald. 2. Bd. S. 370.

Dies könnte aber nur durch eine Dicke der Zwischenräume zwischen den Gräbern erreicht werden die grösser ist, als jene der Decke des belegten Grabes. Nun entspricht aber die Leichtigkeit und Schnelligkeit mit welcher die Grabgase durch den Boden durchtreten in Wirklichkeit der obigen Annahme durchaus nicht, es ist im Gegentheil sehr wahrscheinlich dass sie eine 0,6 Meter dicke Bodenschicht in der Zeiteinheit nicht in der Menge durchsetzen, dass sie dem Geruche wahrnehmbar werden. Es ist daher die Annahme Pappenheim's, wenigstens aus dem Grund, welchen er anführt, viel zu hoch gegriffen.

Ich will indessen noch mit seinen Zahlen fortfahren um die Unrichtigkeit seiner Berechnung nachzuweisen. Pappenheim sagt: „Will man dies (den Uebertritt von Leichengasen) verhindern, so muss man die Seitenwand auch in der Dicke von circa 188 Ctm. stehen lassen, und zwar nach allen Seiten hin; zwei Gräber würden hierbei zu dem Zwischenraume an der Längsseite jedes 94 Ctm., und ebenso 94 Ctm. an der schmalen Seite beitragen; diese Zwischenfläche würde betragen für jedes Grab (auf beiden Seiten) an den langen Seiten 94 × 194, an den schmalen Seiten 94 × 85, das ist 1,8236 Quadratmeter + 0,7990 Quadratmeter + eigentlicher Grabfläche (= 1,6490 Quadratmeter) = 4,2716 Quadratmeter." Diese Rechnung ist selbstverständlich falsch. Wenn man auch vorläufig noch bei dem Modus der Berechnung von Pappenheim verbleibt, so muss jedenfalls die Summe der Quadratflächen für die Zwischenräume doppelt genommen werden, also (1,8236 + 0,7990) × 2 = 5,2452 Quadratmeter, denn es findet sich an den beiden langen Seiten je ein Stück Boden von 1,8236 Quadratmeter Fläche und ebenso an beiden schmalen je eines von 0,7990 Quadratmeter, welche, als der zu jedem Grab gehörige Theil der Zwischenwand in Rechnung gebracht werden müssen. Addirt man nun hierzu die Quadratfläche des eigentlichen Grabes so erhält man 5,2452 + 1,6490 = 6,8942 Quadratmeter als Gesammtquadratfläche des Grabes. Nun hat aber Pappenheim noch etwas vergessen. Zeichnet man nämlich nach den Angaben Pappenheim's so erhält man die nebenstehende Figur.



G eigentliches Grab.

Da nun aber die Gräber, sowohl der Länge, als der Breite nach, reihenweise angeordnet werden, so bleiben an jedem Grabe 4 Vierecke

übrig, *a*, *b*, *c*, *d*, welche Pappenheim ganz ausser Berechnung gelassen hat, die aber, wenn es sich darum handelt einen gegebenen Raum nach den Angaben von Pappenheim mit Gräbern zu besetzen einen sehr bedeutenden Fehler ausmachen. Es ist nämlich die Fläche, welche Pappenheim für ein Grab nach seinen Maassen braucht thatsächlich = (194 + 94 + 94) (85 + 94 + 94) = 10,4286 Quadratmeter, nicht aber = 4,2716 Quadratmeter wie Pappenheim angibt.

Es würde zu weit führen, wollte ich hier all die Verordnungen, welche hinsichtlich der Grösse der Gräber an verschiedenen Orten aufgestellt worden sind, wiedergeben. Es dürfte die Angabe genügen, dass nach den Zusammenstellungen von Riecke[1]) sich Schwankungen zwischen 2,2 — 7,46 Quadratmeter in verschiedenen Orten und Ländern ergeben. Die hauptsächlichste Ursache der grossen Differenzen liegt in den verschiedenen Annahmen über das Maass der Dicke der die Gräber trennenden Zwischenwandungen. Das Moment nun, worauf es bei der Bestimmung dieser Grösse ankommt, ist, wie sich aus dem oben Gesagten ergibt, nicht die Gefahr, dass Fäulnissgase aus den benachbarten, belegten Gräbern in das neue herüberdringen, sondern die Rücksicht darauf, dass die Zwischenwandungen fest genug sind, um beim Ausgraben der neuen Gräber nicht einzustürzen. Nach den Erkundigungen, welche Riecke[2]) über diesen Punkt eingezogen hat, müssen bei einer mittleren Consistenz des Bodens die Zwischenwandungen der Gräber Erwachsener mindestens einen Durchmesser von 2 Fuss = 0,57 Meter haben, wenn man sich auf ihre Solidität verlassen zu können wünscht. Es sind demnach die Maasse, welche Pappenheim hierfür angenommen hat, viel zu hoch gegriffen.

Ich glaube, dass man mit folgenden Maassen für Erwachsene im Durchschnitt in allen Fällen ausreicht: Länge der Grabessohle = 200 Ctm., Breite derselben = 100 Ctm., Dicke der Zwischenwandungen sowohl nach der Länge, wie nach der Breite = 60 Ctm., somit Gesammtfläche für ein Grab = 4,16 Quadratmeter.

Nach den polizeilichen Anordnungen des Münchener Stadtmagistrates vom 28. Jan. 1870 muss jedes Grab Erwachsener eine Länge von 2,62 Meter und eine Breite von 1,16 Meter haben. Hierbei sind die Zwischenwandungen mit einbegriffen, so dass die Quadratfläche für ein Grab eines Erwachsenen = 3,03920 Meter gross ist.

---

1) Ueber den Einfluss der Verwesungsdünste etc. S. 182 u. ff.

2) A. a. O. S. 185.

Riecke berechnet den Flächenraum für das Grab eines Erwachsenen auf 3,77 Quadratmeter[1]) und Rüppell[2]) schliesst sich dieser Berechnung an.

Es ist hier noch ein Punkt zu besprechen, der unter Umständen für die Flächenausdehnung der Gräber in Betracht gezogen werden muss, und auf welchen Pappenheim[3]) grosses Gewicht legt, nämlich der Böschungswinkel. Es ist, ausser bei sehr festem Boden, nicht möglich eine Grube von der jetzt gebräuchlichen Tiefe der Gräber mit senkrechten Wänden auszuheben, weil die Wandungen einstürzen. Man ist demnach genöthigt die Wände schief anzulegen und der dabei angewendete Böschungswinkel muss natürlich um so kleiner sein, je lockerer das Erdreich ist. Dies kann nun bei Friedhöfen grosse Nachtheile haben. Entweder müsste der Flächenraum für ein Grab ein sehr grosser sein, denn nach der Angabe von Pappenheim muss bei einem Böschungswinkel von nur 60° (er sinkt aber bei trockenem Sand bis auf 32°) und einer Tiefe von 188 Ctm., die Grube oben eine Weite von 12,3410 Quadratmeter haben. Dies ist aber aus ökonomischen Rücksichten nicht leicht ausführbar. Oder man wäre gezwungen beim Graben eines Grabes in die Gebiete der benachbarten einzudringen, nach Umständen sogar die Decke derselben schon dicht oberhalb des Sarges zu entfernen, was ebenfalls zu Unzuträglichkeiten führen würde, denn es könnte der Fall eintreten, dass die Theilnehmer an dem Begräbniss durch den Gestank aus den wenig mit Erde bedeckten nächsten Särgen sehr belästigt würden; in jedem Falle aber würden die Angehörigen der in den angeschnittenen Gräbern Ruhenden gegen den Eingriff in diese Grabstätten protestiren.

Diese Uebelstände lassen sich, wenn der Boden nicht gar zu locker ist, dadurch vermeiden, dass man die Grabwände stützt. Es wird alsdann möglich, die Gräber entweder mit ganz senkrechten Wänden oder solchen mit einem sehr hohen Winkel auszuheben.

Da auf einem Kirchhof nicht blos Erwachsene, sondern auch Kinder begraben werden, so erhält man einen neuen Factor, welcher an dieser Stelle berücksichtigt werden muss. Die Leichen von Kindern haben natürlich einen viel geringeren Raum nothwendig, als jene von Erwachsenen und es wird in Folge dessen die Grösse des Flächenraumes, welchen man durchschnittlich für ein Grab auf einem

---

1) A. a. O. S. 189.

2) Vierteljahrsschrift f. gerichtl. u. öffentl. Medicin von Horn. N. F. 8. Bd. 1. Heft. S. 42.

3) Handbuch der Sanitätspolizei. 2. Aufl. 2. Bd. S. 371.

Friedhof bedarf, eine Reduction erfahren können. Riecke[1]) nimmt drei Altersclassen an: 1. Kinder bis zum vollendeten 7. Lebensjahre, 2. Kinder bis zum vollendeten 14. Lebensjahre, 3. Erwachsene und berechnet für die 1. Classe einen Flächenraum des Grabes von 1,48 Quadratmeter, für die 2. Classe von 1,83 Quadratmeter, und für die dritte von 3,77 Quadratmeter. Er meint, dass bei einem Boden von mittlerer Consistenz 2,85 Quadratmeter als muthmaasslicher mittlerer Flächenraum für ein Grab anzunehmen sein dürften, bei lockerem Boden aber viel mehr. Es genügt aber, wenn man nur 2 Altersclassen annimmt, nämlich die eine bis zum 10. Lebensjahre und die Anderen alle als Erwachsene behandelt. Nach Dieterici[2]) waren von 100 Gestorbenen durchschnittlich etwa 46 todtgeboren oder bis zu 10 Jahre alt, und 54 über 10 Jahre alt. Rechnet man letztere als Erwachsene, und nimmt, unter Zugrundelegung der Zahlen von Riecke, für Kinder unter 10 Jahren etwa 1,65 Quadratmeter als Flächenraum an, für die Erwachsenen aber nach der oben aufgestellten Berechnung 4 Quadratmeter, so ergibt sich als Durchschnitt $\frac{(54 \times 4{,}0) + (46 \times 1{,}65)}{100} = 2{,}919$ Quadratmeter.

Es lässt sich übrigens auch noch ein anderes Verfahren einschlagen, wobei alle Gräber die für Erwachsene nöthige Quadratfläche bekommen. Hierbei werden immer je zwei Kinder in ein für einen Erwachsenen berechnetes Grab gelegt. Es ändert sich dann statt der Grösse für die durchschnittliche Quadratfläche eines Grabes die Zahl der für eine bestimmte Anzahl von Köpfen im Jahr nöthigen Gräber. Dieses Verfahren ist zum Theil in München gebräuchlich. Es werden dann, wenn man wieder das Alter von 10 Jahren als Unterscheidungsmoment annimmt bei einer Mortalität von beispielsweise 33 p. m. nur $\frac{(54 + {}^{46}/_{2})\,33}{100} = 25{,}41$ Gräber im Jahre für 1000 Einwohner nothwendig sein.

Ich halte das letztere Verfahren der Beerdigung der Kinder deshalb für zweckmässiger, weil es dadurch ermöglicht wird lauter Gräber von gleicher Grösse zu erhalten. Es liegt aber im Interesse einer möglichst vortheilhaften Ausnutzung des vorhandenen Gesammtraumes die Gräber in regelmässigen Reihen anzulegen, welche Gräber von der gleichen Grösse enthalten. Das Benutzen der Gräber der Reihenfolge nach ist auch im Interesse der Salubrität geboten, da bei einem solchen Modus das Erdreich nur in der Umgebung

1) A. a. O. S. 187.

2) Handbuch der Statistik des preussischen Staates. Berlin 1861. S. 210.

solcher Leichen ausgegraben wird, welche schon ganz vollständig zersetzt sind, oder bei der ersten Belegung nur in der unmittelbaren Nachbarschaft solcher Leichen, welche erst kürzere Zeit begraben sind und den Boden daher noch nicht in zu grosser Ausdehnung mit Fäulnissstoffen imprägnirt haben.

Bei der oben angenommenen Fläche von 4 Quadratmeter pro Grab ist der für die grösseren Wege zwischen den Abtheilungen eines Friedhofes nöthige Platz nicht mit eingerechnet, wohl aber jener für die kleinern Wege zwischen den einzelnen Gräbern. Für die ersteren beansprucht Riecke[1]) etwa 1/8 des für die Gräber verwendeten Raumes.

In früherer Zeit begrub man besonders in Frankreich und Italien vielfach die Leichen der Unbemittelten in sog. Gemeingräbern (fosses communes) und in manchen Städten hat sich dieser Gebrauch bis auf den heutigen Tag erhalten. Bei diesem Verfahren wurden die Leichen entweder etagenweise übereinander geschichtet und zwischen jeder Lage nur eine Schicht Erde eingeschaltet, oder aber man stellt die Särge in der gemeinsamen Grube aufrecht nebeneinander. Dies scheint nach der Angabe von Rüppell[2]) in Paris auf dem Cimetière du Sud noch jetzt zu geschehen. In solchen Gemeingräbern ist einerseits das Wiederauffinden und Ausgraben einer Leiche mit grossen Schwierigkeiten und furchtbarer Verpestung der Luft verbunden, andrerseits aber wird auch die Adipocirebildung sehr befördert. Wernher[3]) führt an, dass nach Beendigung der ersten Verwesungsfrist, welche auf nur 5 Jahre festgesetzt ist, in einem solchen gemeinschaftlichen Grabe des Friedhofes Père la chaise nur noch Skelette vorhanden waren, beim 2. Turnus waren die Leichen theilweise in Fettwachs verwandelt, beim 3. alle. — Ausserdem aber wird durch diese massenhafte Anhäufung faulender Stoffe die Verunreinigung des Grundwassers sehr begünstigt.

7. *Begräbnissturnus.*

Das Maassgebende bei Aufstellung eines Begräbnissturnus muss die Verwesungsfrist sein, d. h. diejenige Zeit, in welcher der Körper nicht allein in seinen Weichtheilen vollständig zerstört ist, sondern auch der Boden beim Aufgraben keinerlei Zersetzungsproducte mehr entweichen lässt, und namentlich mit Wasser befeuchtet nicht mehr zu stinken anfängt. Auf den Zerfall der Knochen kann hierbei keine

1) A. a. O. S. 196.
2) A. a. O. S. 41.
3) Die Bestattung der Todten. Giessen 1880. S. 72.

Rücksicht genommen werden, weil die Knochen erwachsener Menschen erfahrungsgemäss die Zersetzung der Weichtheile Jahrhunderte überdauern können. Die Dauer der Zersetzung der Leichen ist, wie oben des Weiteren erörtert wurde, vorzüglich von der Bodenbeschaffenheit, dem Feuchtigkeitsgrad des Bodens und der Temperatur abhängig und kann dem entsprechend grosse Verschiedenheiten zeigen. Es ist daher nicht möglich hier allgemein gültige Normen für die Dauer der Verwesungsfrist aufzustellen. Insbesondere war man früher über diese Verhältnisse im Unklaren und es erscheinen daher die früheren gesetzlichen Bestimmungen über die Dauer des Begräbnissturnus als ganz willkürliche, den subjectiven Anschauungen und Erfahrungen des Gesetzgebers entsprungene Vorschriften. Dies documentirt sich am deutlichsten in den grossen Zeitunterschieden, welche als für die Zersetzung nothwendig aufgestellt wurden, und zwischen 5—60 Jahren schwanken. Den kürzesten Termin von 5 Jahren hat das französische Gesetz vom Jahre 1804 festgesetzt und wird diese Frist von Michel Levy für ausreichend erklärt.[1]) Der längste Turnus von 60 Jahren ist nach Rüppell's[2]) Mittheilung auf einigen Berliner Kirchhöfen gebräuchlich. Innerhalb dieser Grenzen von 5 bis 60 Jahren gibt es nun die verschiedensten Variationen. So gibt es einen 6 jährigen Turnus in München, einen 9 jährigen in Mailand, einen 10 jährigen in Stuttgart. Die Stralsunder und Posener Regierungen setzen ihn auf mindestens 16, die Aarauer Verordnung auf 25—30 Jahre fest.

Durch die Untersuchungen der sächsischen Bezirksärzte sind werthvolle positive Anhaltspunkte für die Lösung der Frage über die Dauer der Verwesungsfrist gefunden worden. Es hat sich dabei ergeben, dass in Kies- und Sandboden die Zersetzung von Kinderleichen spätestens nach 4, die von Erwachsenen nach 7 Jahren so weit vollendet ist, dass nur noch Knochen und etwas amorphe Humussubstanz übrig sind. Verzögerungen der Zersetzung kommen hier selten und zwar nur in feinkörnigem Sand vor, im Verhältniss etwa von 1 : 16 und beruhen nur auf Zurückbleiben von Gehirnresten. — In Lehmboden ist die Zersetzung von Kinderleichen in der Regel spätestens nach 5, die von Erwachsenen nach 9 Jahren beendet. Verzögerungen der Zersetzung kommen häufiger vor, etwa im Verhältniss von 1 : 5. Sie beruhen theils auf Fettwachsbildung in geringer oder grösserer Ausdehnung und mit oder ohne Zurückbleiben

---

1) Traité d'hygiène. 5. Aufl. 2. Bd. S. 465.
2) A. a O. S. 38.

von Gehirnresten, theils in letzterem allein.[1]) Es lässt sich aus diesen Sätzen, welche das Resume der Ergebnisse von 150 Exhumationen darstellen, der Schluss ziehen, dass ein Begräbnissturnus von längerer als 10 jähriger Dauer bei unseren Verhältnissen nicht nothwendig ist. Denn, wenn auch noch nach Verlauf von 9 Jahren in Lehmboden relativ häufig Adipocire gefunden wird, so muss berücksichtigt werden, dass dasselbe nur sehr langsam zerstört wird und dazu Zeiträume nöthig wären, welche wohl die längsten der bis jetzt üblichen Fristen für den Begräbnissturnus noch überschreiten würden. Man muss eben bei der Anlage eines Friedhofes das Hauptaugenmerk vor Allem darauf richten, dass ein Boden gewählt wird oder Maassregeln getroffen werden, wodurch eine möglichste Beschleunigung der Zersetzung der Leichen angebahnt und abnorme Decompositionen, wie Leichenwachsbildung oder Mumificirung vermieden werden. Leichenäcker, auf welchen diese letzteren sich ereignen, müssen als für den Zweck, dem sie dienen sollen ungeeignet erklärt und geschlossen werden.

Als allgemeine Bestimmung kann man daher aufstellen, dass der Begräbnissturnus eine Zeitdauer von 10 Jahren nicht überschreiten soll. Im Uebrigen ist es am besten, da alle derartige allgemeine Bestimmungen den Nachtheil haben, dass an gute und schlechte Kirchhöfe der gleiche Maassstab angelegt wird, den localen, sachverständigen Behörden es zu überlassen innerhalb dieses Zeitraumes die Dauer des Begräbnissturnus zu fixiren.

Im Allgemeinen empfiehlt es sich dem Turnus eher eine zu grosse, als eine zu kleine Dauer zu geben, denn einmal ist man sicherer, dass dann die Zersetzung der Leichen eine vollständige ist und dies ist namentlich deshalb von Bedeutung, weil durch die längere Benutzung eines Friedhofes die Verwesungsfrist verlängert wird, denn der Boden jedes Kirchhofes wird mit der Zeit humusreicher; und dann wird dadurch das sittliche Gefühl des niederen Volkes geschont, welches nicht die Mittel hat sich das Eigenthumsrecht an den Gräbern seiner Angehörigen zu kaufen. Für Kinder einen kürzeren Turnus, als für Erwachsene aufzustellen, ist ganz gerechtfertigt, da die Zersetzung viel rascher vollendet ist. In München beträgt der Zeitraum, der für die Begräbnissperiode von Kindern bis zu 10 Jahren festgesetzt ist, die Hälfte desjenigen für Erwachsene, nämlich 3 Jahre.

---

1) 11. Jahresbericht des Landes-Medicinal-Collegiums über das Medicinalwesen in Sachsen auf das Jahr 1879. Leipzig 1881. F. C. W. Vogel. S. 180.

8. *Grüfte und Familiengräber.*

Nach den Beobachtungen der sächsischen Bezirksärzte[1]) erfolgt die Zersetzung der Leichen in Grüften mindestens ebenso rasch, wie in durchlässigem Boden. Es kommen zwar Fälle vor, dass in gewissen Localitäten, besonders in Grüften unter Kirchen oder in Klöstern die Leichen mit Vorliebe mumificiren, indess sind dies im Ganzen doch seltene Ausnahmen. Es sind daher mit Beziehung auf die Dauer der Verwesung vom hygienischen Standpunkt aus keine Einwendungen gegen die Grüfte zu erheben. Dagegen erregen sie aus anderen Gründen Bedenken. Grüfte sind meistens darauf berechnet, dass sie mehrere oder sogar eine grössere Anzahl von Personen, meist die Angehörigen einer Familie oder eines Klosters, aufnehmen und zwar ohne Rücksicht auf die Verwesungsdauer der Leichen. Es kann daher der Fall eintreten, dass Grüfte zum Zwecke der Beerdigung einer neuen Leiche zu einer Zeit betreten werden müssen, wo sie Leichen enthalten, die eben im Zersetzungsprocesse begriffen sind. Meist fehlt in den Grüften die nöthige Ventilation und es können daher in denselben irrespirable und giftige Gase, insbesondere Kohlensäure und Schwefelwasserstoff in einer Menge angehäuft sein, dass sie das Leben derjenigen gefährden, welche eine Gruft betreten. Das Gleiche kann auch der Fall sein bei Gräbern, die für mehr als eine Person bestimmt sind, sog. Familiengräber, wie sie an manchen Orten gebräuchlich sind. Auch hier kann das Aufgraben wegen der Ansammlung giftiger Gase gefährlich sein. Es dürfen daher Eröffnungen von Grüften oder Familiengräbern immer nur mit den nöthigen Vorsichtsmaassregeln vorgenommen werden. Für gemauerte Grüfte ist auch die Herstellung von Ventilationsvorrichtungen durch gegenüberliegende Oeffnungen vorgeschlagen worden, allein bei Grüften unter der Erde wird sich eine derartige Einrichtung kaum durchführen lassen und in anderen Fällen leicht zur Verbreitung übelen Geruches Veranlassung geben. Grüfte für mehrere Personen, welche daher auch gegebenen Falles zu Zeiten eröffnet werden, wo sich verwesende Leichen in ihnen befinden, müssen daher als der Salubrität entgegenstehend bezeichnet und nach ihrer Abschaffung gestrebt werden.

9. *Gebäude auf den Friedhöfen.*

Auf jedem Kirchhof, oder in dessen unmittelbarer Nähe sollte sich, wenigstens in grösseren Orten, eine Leichenhalle befinden,

1) 11. Jahresbericht des sächsischen Landes-Medicinal-Collegiums etc. S. 163.

in welcher alle Gestorbenen bis zum Begräbniss aufgebahrt werden. Die Gründe, welche von hygienischer Seite dafür vorgebracht werden müssen, der Beisetzung und Ausstellung der Leichen im Hause der Familie entgegenzuarbeiten und die Unterbringung in allgemeine Leichenhäuser bald nach dem Tode möglichst zur Gewohnheit zu machen, beruhen nicht darauf, dass der Todtengeruch im Hause gefährlich ist, denn wie oben S. 299 dargethan ist haben wir davon keine wesentlichen Schädlichkeiten zu befürchten. Es ist vielmehr, wie Pettenkofer[1]) hervorgehoben hat, die Gelegenheit, welche mehrere Tage hindurch unausgesetzt besteht, so lange der Todte im Hause ist, den Seelenschmerz zu nähren und zu steigern, was die Familien oder einzelne Glieder an ihrer Gesundheit nicht selten schädigt. Der tiefe Eindruck, den stets und unvermeidlich die Entfernung der Leiche aus dem Hause hervorbringt, ist am dritten Tage nicht geringer, als am ersten. Der Schmerz im Hause aber wird stiller, sobald die Leiche aus dem Hause ist. Pettenkofer sagt daher weiter sehr richtig: Wenn es Aufgabe der Humanität ist den Schmerz zu lindern, und wenn mit dieser Linderung zugleich eine Schonung der Gesundheit verbunden ist, so haben Humanität und Hygiene die Aufgabe, für die Beisetzung der Todten in den Leichenhäusern zu sprechen.

Was nun die Einrichtung und Ausstattung der Leichenhallen betrifft, so ist vor Allem darnach zu streben denselben von innen und von aussen ein würdiges Aussehen zu geben, so dass die Beisetzung in der Todtenhalle eine letzte Ehre ist, die man dem Verstorbenen erweist. Es müssen ferner Vorrichtungen vorhanden sein, welche die Bestimmung haben das „Lebendigbegrabenwerden“ zu verhindern. Es ist zwar kein Fall nachgewiesen, dass ein Scheintodter wirklich begraben worden ist und es wird dies ja ohnehin durch die Leichenschau am sichersten vermieden, allein die Furcht vor dem Scheintod und dem Lebendbegrabenwerden ist eine so tief im Menschen wurzelnde, dass derselben Rechnung getragen werden muss, wenn man die Bevölkerung dazu bringen will ihre geliebten Todten von sich zu lassen.

Nur durch solche Maassregeln, durch welche einerseits die Todten geehrt werden, und andrerseits im Publikum Vertrauen erweckt wird, nicht aber durch polizeiliche Verordnungen wird es erreicht, dass die Bevölkerung eines Ortes ohne Widerwillen sich allgemein der Leichenhallen für ihre Todten bedient.

---

1) Zeitschrift f. Biologie. Bd. 1. S. 65.

Es besteht die Frage, ob es vorzuziehen sei in den Leichenhäusern einzelne Zellen für je eine Leiche zu erbauen, oder aber grosse Säle, in welchen die Leichen alle beisammenliegen. Wegen der grösseren Leichtigkeit einen grossen Saal entsprechend decorativ auszustatten empfehlen sich Säle mehr als einzelne Zellen. In diesem Sinne hat sich auch der deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege in seiner 7. Versammlung im Jahre 1879 ausgesprochen.

Die Todtengräberwohnung kann sich auf dem Kirchhof selbst befinden, jedoch ist dies nicht absolut nothwendig. Unter Umständen ist ein Platz in der Nähe des Friedhofes für die Erbauung dieses Hauses, der Lage auf dem Kirchhofe selbst, namentlich des Brunnens wegen, vorzuziehen.

Wie die Abgrenzung eines Begräbnissplatzes geschieht, ist für die Gesundheitspflege nur insoferne von Bedeutung, als jede Behinderung des Luftwechsels vermieden werden muss; es würden demnach nur abnorm hohe Mauern zu beanstanden sein.

10. *Grössenberechnung.*

Es ist von grosser praktischer Wichtigkeit einem Begräbnissplatz die hinreichende Grösse zu geben, damit nicht unerwartet die Nothwendigkeit einer baldigen Vergrösserung oder einer Verlegung auftritt, denn es sind dies Angelegenheiten, deren definitive Entscheidung meist erst nach Beseitigung mannigfacher Hindernisse und Schwierigkeiten möglich wird.

Bei einem Voranschlag sind folgende Punkte maassgebend:

a) Bevölkerungszahl und Mortalitätsziffer. Diese letztere wird am besten möglichst hoch angenommen.

b) Grösse der für ein Grab nöthigen Quadratfläche. Es genügt einen Raum von 4 Quadratmeter für ein Grab anzunehmen.[1] Bei dieser Grösse sind auch die zwischen den einzelnen Gräbern und Grabreihen nothwendigen Wege mit eingerechnet, wozu dieselbe vollständig genügt. Es ist nur nöthig durch eine eigene Bestimmung festzusetzen, dass der Grabhügel und die etwaigen Grabmonumente zusammen nicht länger sein dürfen als 1,75 Meter, und nicht breiter, als 1,16 Meter. Für breitere Wege zwischen den verschiedenen Ab-

1) Leichen von Kindern unter 10 Jahren werden je zwei in einem solchen für ein Erwachsenes bestimmten Grabe begraben und zwar so, dass sie mit den Fussenden einander gegenüberliegen. Es wäre daher die Mortalität in diesem Lebensalter eigens zu berechnen und weiterhin, welchen Procentsatz von der allgemeinen Mortalitätsziffer sie ausmacht, um die nöthigen Anhaltspunkte für die Zahl der für eine bestimmte Einwohnerzahl pro Jahr nöthigen Gräber zu erhalten.

theilungen eines Friedhofes wird es dann hinreichen 1/8 derjenigen Fläche in Rechnung zu bringen, welche für den Raum in dem die Gräber sich befinden, erforderlich ist. Ausserdem ist der Platz für die Leichenhalle und die Wohnung des Todtengräbers oder Aufsehers zu berücksichtigen.

c) Es ist genau festzustellen, welcher Platz für aussergewöhnliche Formen des Begräbnisses nothwendig ist (Erbbegräbnisse, Grüfte etc.); derselbe muss bei der Berechnung der Gesammtgrösse einen eigenen Posten bilden.

d) Die Frist für den Begräbnissturnus.

11. Bepflanzung der Begräbnissplätze.

Die Bepflanzung der Kirchhöfe dient nicht blos ästhetischen Zwecken, indem sie dem Ort, wo die Todten ruhen ein friedliches, freundliches Aussehen verleiht, sondern sie hat auch hygienisch eine Bedeutung, insoferne sie, einerseits die physikalischen Eigenschaften des Bodens in mannigfacher Weise beeinflusst, andrerseits der Boden- und Grundwasserverunreinigung entgegenwirken kann, und endlich einen wesentlichen Schutz gegen das Austreten von Mikroorganismen aus dem Boden gewährt. Diese letztere Wirkung ist wohl diejenige, welche am meisten ins Gewicht fällt, denn die massenhafte Bildung von Fäulnisspilzen und die Möglichkeit, dass diese oder unter Umständen auch specifische Krankheitspilze aus dem Boden austreten, sind ja nahezu die einzigen Gefahren, welche von Begräbnissplätzen ihren Ausgang nehmen.

Die vielfach verbreitete Anschauung, dass ein Bepflanzen der Begräbnissplätze mit Bäumen und Sträuchern der Reinerhaltung von Boden- und Grundwasser durch Zerstörung der Fäulnissstoffe in hohem Grade förderlich ist, trifft nur unter gewissen Voraussetzungen zu, deren erste die ist, dass die Wurzeln der Pflanzen bis in die Tiefe der Leichen in den Boden eindringen, was sicherlich nicht unter allen Verhältnissen geschieht. Ausserdem kommt der Umstand in Betracht, dass die Pflanzen zu ihrem Aufbau aus dem Boden nur mineralische Bestandtheile verwenden, die, wenn sie animalischen Ursprungs sind, die Endproducte des Zersetzungsprocesses darstellen, dass sie ferner den Stickstoff nur in Form von salpetersauren Salzen oder neutralen Ammoniakverbindungen aufnehmen, während freies Ammoniak und kohlensaure Ammoniakalien Pflanzengifte sind. Falk[1])

---

1) Experimentelles zur Frage der Canalisation mit Berieselung II. Viertel-jahrschr. f. gerichtl. Medicin v. Eulenburg. N. F. Bd. 29. Heft 2. S. 290.

hat allerdings experimentell nachgewiesen, dass gewisse chemische Verbindungen, welche bei der Fäulniss thierischer Stoffe entstehen z. B. Indol, in Lösung von bepflanztem Boden intensiver zerstört werden, als von unbepflanztem, indess hat sich bei seinen Versuchen auch gezeigt, dass andere derartige Substanzen, wie Naphthylamin, die Pflanzendecke zerstören. Es erscheint daher einigermaassen fraglich, ob man der Bepflanzung von Kirchhöfen einen so grossen Einfluss auf die Zerstörung faulender Leichen und damit auf Abhaltung der Boden- und Grundwasserverunreinigung oder gar auf die Beförderung der Leichenzersetzung zuzuschreiben berechtigt ist, wie dies vielfach geschieht.

Die Versuche über den Einfluss der Vegetation auf Erwärmung, Feuchtigkeitsgehalt u. s. w. des Bodens beziehen sich bis jetzt nur auf der Oberfläche sehr nahe liegende Tiefen, und es lässt sich nicht mit Sicherheit behaupten, dass sich auch in der bei Friedhöfen in Betracht kommenden Tiefe diese Wirkungen in gleicher Weise geltend machen. Es muss hier jedoch auf die den Boden austrocknende Wirkung einiger Gewächse hingewiesen werden, welche durch Versuche im Grossen festgestellt ist. Solches ist bekannt von dem Gummibaum (Eucalyptus globulus), der aber in unseren Breiten im Freien in Wintern mit andauernd höheren Kältegraden abstirbt, und ferner von den Sonnenblumen. Diese letzteren könnten auf feuchten Kirchhöfen mit Vortheil angepflanzt werden. — Unter Umständen, nämlich bei sehr lockerem Boden, können Gewächse mit tiefer gehenden Wurzeln dadurch auf Begräbnissplätzen einen günstigen Einfluss ausüben, dass sie zur Vermehrung der Festigkeit des Erdreichs beitragen und daher das Einstürzen der Wände beim Ausheben der Gräber verhindern. Dagegen erschweren allerdings starke Wurzeln die Erdarbeiten in erheblichem Grade.

Im Allgemeinen dürfte es wohl am besten sein zur Anpflanzung der Friedhöfe Gräser, Blumen, Ziergewächse, Sträucher und kleinere Bäume zu verwenden.

12. Beerdigung auf dem Schlachtfeld.

Das Verfahren bei der Beerdigung der in den Schlachten Gefallenen war und ist bis in die neueste Zeit ein mangelhaftes, so dass nur zu häufig, wegen Verunreinigung von Luft und Wasser in der Umgebung, durch spätere mühevolle Desinfectionsarbeiten erst wieder Abhilfe geschafft werden musste. Es dürfte daher am Platze sein hier über diesen Gegenstand eine Bemerkung anzufügen.

Am besten wird nach Nägeli den allfälligen schädlichen Folgen

der Massenbegräbnisse durch möglichste Trockenlegung vorgebeugt und er schlägt folgendes Verfahren vor[1]):

Auf dem zur Begräbnissstätte ausgewählten Platze wird der Rasen sammt dem Humus entfernt und ohne tiefer zu graben, die Leichname neben und über einander darauf gelegt, und dabei womöglich durch Lagen von Kies und Sand, auch durch Reisig von einander getrennt. Dann wird rings um diese Stätte ein Graben ausgehoben und, nachdem zuerst wieder Humus und Rasen bei Seite geschafft worden, mit dem gewonnenen Untergrunde der Leichenhaufen bedeckt. Auf den Untergrund kommt dann aller verfügbarer Humus und Rasen wenigstens in der Mächtigkeit von 1 Meter. Man hat nun einen von einem Graben umgebenen Leichenhügel von möglichst trockener Beschaffenheit, in welchem die Fäulniss bald in Verwesung übergehen wird.

Es ist übrigens auch in diesem Falle sehr zweckmässig, wenn über die obersten Leichen eine Lage von antiseptischen Substanzen, welche die Schimmelbildung befördern (Salz und Säure), ausgebreitet wird. Sollten aber im Anfang Fäulnisspilze entstehen und sollten dieselben, was nicht wahrscheinlich ist, durch Austrocknen transportfähig werden, so können sie doch nicht in die Luft gelangen, weil die mit Rasen bewachsene Humusschicht sie nicht durchlässt.

Dieses Verfahren ist nach Nägeli's Ansicht in allen Fällen mehr als ausreichend, um nicht nur jede Gefahr, sondern auch allen üblen Geruch zu verhindern, wenn der Boden nur einigermaassen trocken und steinig oder kiesig ist. Ist er dagegen lehmig oder nass, so muss nach Wegnahme des Humus die Lagerstätte der Leichen zuerst entsprechend erhöht werden, ehe man die letzteren darauf aufschichtet. Man erhält in diesem Falle einen etwas höheren, von einem etwas tieferen Graben eingeschlossenen Leichenhügel, der vollkommen siechfrei ist, weil das Regenwasser grösstentheils abfliesst und nicht bis zu den Leichen eindringt.

13. Betrieb und Verwaltung der Friedhöfe.

a) Allgemeine Bestimmungen.

Von jedem Begräbnissplatz muss ein Situationsplan vorhanden sein. Auf demselben soll nicht nur die Lage der grösseren Gebäude, der Brunnen, der breiteren Wege etc., sondern auch diejenige jedes einzelnen Grabes genau eingezeichnet sein, so dass die ganze An-

1) Nägeli, Die niederen Pilze etc. München 1877. Oldenbourg. S. 261.

ordnung der Gräber nach Sectionen, Reihen und Nummern deutlich ersichtlich ist.

Ausserdem muss ein Leichenbuch geführt werden, aus welchem genau zu entnehmen ist, welche Leiche in je einem Grabe liegt und wie lange. Dieses Buch muss ferner das zu wissen Nöthige von Familiengräbern und Grüften, in wessen Besitz und auf welche Dauer sie sich befinden, wer und wann er darin begraben wurde etc., enthalten. Die Sectionen und Nummern des Planes müssen mit diesem Buche genau übereinstimmen.

Bei der Belegung des Friedhofs empfiehlt es sich eigene Sectionen für Erwachsene und eigene für Kinder zu bestimmen.

b) Verfahren beim Begräbniss. Wiedereröffnungen von Gräbern.

Die Leichen sollten von den Wohnungen aus in eine Leichenhalle gefahren werden und dort bis zum Begräbniss aufgebahrt bleiben. Von der Leichenhalle bis ans Grab werden sie am besten getragen. Alle Gegenstände ohne Ausnahme, welche zur Schmückung der Leichen und Särge in der Leichenhalle und beim Begräbniss verwendet worden sind, sollten aus dem Friedhof nicht mehr entfernt werden dürfen, sondern bei der Beerdigung in das Grab oder die Gruft geworfen oder vernichtet werden, wegen der Gefahr einer Infection.

In jedes Grab soll nur eine Leiche gelegt werden, nur Kinder unter 10 Jahren können je zwei in ein für ein Erwachsenes bestimmtes Grab begraben werden, am besten in der Weise, dass die Särge mit den Fussenden einander gegenüber liegen. Die Gräber sollen im Allgemeinen nicht vor Beendigung des Turnus wieder geöffnet werden. Wird ein Grab früher wieder geöffnet, was namentlich bei Familiengräbern nothwendig werden kann, um eine neue Leiche aufzunehmen, so muss vor Einsenkung dieser Leiche, die zuletzt in diesem Grabe beerdigte Leiche um 0,6 Meter tiefer gelegt werden und zwar ohne Unterschied für die Leichen von Erwachsenen oder von Kindern.

Nach Ablauf der festgesetzten Turnuszeit, welche für Erwachsene und Kinder verschieden lang genommen werden kann, darf jedes Grab wieder frisch belegt werden. Die Knochen, welche sich in dem Grabe vorfinden und die man häufig in sogenannten Beinhäusern gesammelt hat, sowie alle Ueberreste vergräbt man am besten in der Sohle der Grube.

Aufgrabungen von Gräbern, in welchen noch in Zersetzung begriffene Leichen liegen, werden vorgenommen, entweder bei der Ver-

legung von Leichen oder zu gerichtlichen Zwecken. Bei solchen Exhumationen gebraucht man zur Zerstörung des üblen Geruches mit Vortheil Chlorkalklösung oder Manganlauge. Ein Sarg oder ein ähnliches verschliessbares Behältniss zur Aufnahme der auszugrabenden Leiche muss schon vor Beginn der Ausgrabung zur Stelle sein. Soll die Leiche wieder eingesenkt werden, wie in gerichtlichen Fällen, so kann das Grab, wenn es keinen Fäulnissgeruch verbreitet, in der Zwischenzeit offen bleiben, im anderen Falle ist es gleich wieder zuzuwerfen. Zeitlich sollen solche Ausgrabungen nicht mit anderen Begräbnissen collidiren und alle nicht betheiligten Personen entfernt werden. Es eignen sich schon aus diesen Gründen die Nacht oder die frühen Morgenstunden am besten zu derartigen Ausgrabungen. Wenn es irgend thunlich ist, sollten dieselben auch in der kälteren Jahreszeit stattfinden.

c) Schliessung von Begräbnissplätzen.

Weitaus die häufigste Veranlassung zur Schliessung eines Kirchhofes ist der Umstand, dass derselbe auf irgend eine Weise den Interessen der Lebenden störend im Wege liegt, nachdem er durch die Ausdehnung der Stadt allmählich rings von Häusern umgeben wurde. Viel seltener sind es wirklich Gründe der Salubrität, welche zu dieser Maassregel führen. Namentlich bei dem jetzigen meist geordneten Betrieb der Friedhöfe wird es nicht mehr leicht vorkommen, dass aus hygienischen Rücksichten die Schliessung eines solchen nothwendig wird. Früher, wo man, wie dies namentlich in Frankreich der Fall war, häufig die Leichen in grosser Menge in Massengräbern begrub, kam es noch eher vor, dass ein Begräbnissplatz mit der Zeit so reich an Humus wurde, dass die Zersetzung der Leichen nur mehr äusserst langsam vor sich ging, dass sich häufig Adipocirebildung ereignete, und dass der Kirchhof durch seinen üblen Geruch die Nachbarschaft sehr belästigte. Der bekannteste Fall der Art ist der Kirchhof des Innocents in Paris. Heutzutage wird man nicht mehr leicht in die Lage kommen aus diesem Grund einen Friedhof schliessen zu müssen. Dagegen wäre es angezeigt dies zu thun, wenn der Boden, in welchem der Begräbnissplatz liegt, häufig zu Leichenwachsbildung Veranlassung gibt, oder wegen geringer Permeabilität die Leichenzersetzung sehr in die Länge zieht.

Ist ein Friedhof aus anderen als hygienischen Gründen geschlossen worden, so muss man die für den Turnus eingehaltene Frist verstreichen lassen, ehe man mit dem Bau von Häusern darauf beginnt. Es ist dies eine Maassregel, welche schon durch die Pietät geboten ist.

War aber wirklich die durch die Anhäufung von Humus bedingte Verzögerung der Leichenzersetzung oder die Häufigkeit des Vorkommens von Adipocire die Ursache, so wird man einige Jahre länger zuwarten müssen. Es ist indessen kein Grund vorhanden, dass man einen solchen Kirchhof nicht gleich nach der Schliessung ganz anpflanzt, es ist dies sogar von hygienischen Gesichtspunkten nur zu empfehlen. Am besten würden sich anfangs rasch wachsende Grasarten oder Blattpflanzen eignen, vielleicht auch Sonnenblumen, später Gewächse mit tiefer greifenden Wurzeln, wie Sträucher etc.

V.

Von der Leichenverbrennung.

Die Frage, ob dem Begraben der Leichen das in alten Zeiten fast allgemein gebräuchliche Verbrennen derselben nicht vorzuziehen sei, ist, vorzugsweise in dem letzten Jahrzehnt, durch die von den Verfechtern der Leichenverbrennung hervorgerufene Agitation so vielfach Gegenstand der Erörterung gewesen, dass sie, wie ich glaube, auch hier in Kürze berührt werden muss.

So viel auch schon früher dafür und dagegen geschrieben worden ist, so wurde die Frage der Einführung der Leichenverbrennung eigentlich erst discutabel, seitdem durch die Uebertragung der Generatoren in die Technik der Leichenverbrennung durch F. Siemens ein Verfahren gefunden ist, durch welches es möglich ist einen thierischen oder menschlichen Cadaver ohne üblen Geruch und so vollständig zu verbrennen, dass nur mehr die reinen Aschenbestandtheile übrig bleiben. Denn bei den früheren Verfahren war die Belästigung der Umgebung durch Rauch und Gestank jedenfalls keine geringere, als jene durch einen Begräbnissplatz; ausserdem war die Verbrennung bei den meisten anderen Methoden nur eine unvollkommene, gewöhnlich nur eine Art trockener Destillation, bei welcher eine nur sehr schwierig noch weiter zu verbrennende Kohle übrig blieb, wenn nicht gar der Leichnam nur gewissermaassen geschmort wurde, was beim Verbrennen auf dem Scheiterhaufen sehr leicht erfolgt.

Ich will hier von den religiösen, ästhetischen, poetischen und künstlerischen Seiten der Frage absehen, obschon gerade Gründe der Art von den Anhängern der Leichenverbrennung mit Vorliebe

ins Feld geführt werden und mich auf eine kurze Besprechung der hygienischen und öconomischen Seiten beschränken.

Die Vorwürfe, welche von diesen Gesichtspunkten aus der Methode des Begrabens der Leichen von Seite derer gemacht werden, welche für die Verbrennung agitiren, sind in der Hauptsache folgende:

1. Durch das Begraben werde die Luft, das Grundwasser und der Boden in einer für die Gesundheit nachtheiligen Weise mit Fäulnissproducten geschwängert;
2. durch die Friedhöfe werde Gelegenheit gegeben zur Verbreitung, unter Umständen sogar zur Entstehung epidemischer Krankheiten;
3. der Verlust eines enormen Theiles der zum Gedeihen der Nahrungspflanzen und dadurch der Nahrungsthiere des Menschen nothwendigen Salze, weil dieselben in eine Tiefe gebracht werden, in welcher sie von den Wurzeln der Pflanzen für gewöhnlich nicht erreicht werden;
4. Einerseits die Nothwendigkeit colossale Summen aufzuwenden um für grosse Städte Räume für die Friedhöfe zu erhalten und andrerseits der Verlust grosser Areale für die Landwirthschaft.

Bezüglich des ersten dieser Punkte kann hier auf das im Vorstehenden, besonders in den Abschnitten über den Einfluss der Leichenzersetzung auf Luft und Wasser Gesagte verwiesen werden. Es ist dort der Nachweis geliefert, dass die bis jetzt vielfach gehegten Befürchtungen für Gesundheit und Leben, durch die Schädlichkeiten, welche das Begraben der Leichen erzeugen soll, unbegründet sind und dass, wenn die nöthigen Maassregeln angewendet werden, von den Friedhöfen durchaus keine Gefahren drohen.

Aehnliches gilt von dem zweiten Vorwurf. Die Annahme, dass durch die Friedhöfe, sei es in Folge von Oeffnen von Gräbern, in welchen Leichen von an infectiösen Krankheiten Gestorbenen geruht hatten, sei es in Folge von Weiterentwickelung des Infectionsstoffes im Boden und Austreten aus demselben mittelst Luft oder Wasser, Epidemien entstehen, ist durch Nichts bewiesen. Es sind zwar von Trusen[1]) und Riecke[2]) Zusammenstellungen von Fällen gemacht worden, wo Epidemien die Folge der Eröffnung von Gräbern gewesen

1) Die Denkschrift zur Leichenverbrennung als die geeignetste Art der Todtenbestattung. Breslau 1855.

2) Ueber den Einfluss der Verwesungsdünste etc. Stuttgart 1840.

sein sollen, allein man muss mit Bezug darauf Wernher[1]) ganz Recht geben, der sagt: „Wenn man dieses angebliche Beobachtungsmaterial aber übersieht, so kann man sich nur wundern, dass Männer, welche mit Recht Anspruch auf eine wissenschaftliche Bedeutung haben, auf ein so dürftiges, unkritisches, aus zwei Jahrhunderten zusammengestoppeltes Beobachtungsmaterial eine wissenschaftliche Ansicht und praktische, tief in das Leben eingreifende Aenderungen gründen wollen. Was bleibt übrig, wenn man die alten Erzählungen abzieht, welche aus einer Zeit stammen, in welcher man gar nicht die Kenntnisse besass, welche zu einem gegründeten Urtheil gehören, von Personen herrühren, welche unfähig zu einer richtigen Beurtheilung waren, der nöthigen chemischen Kenntnisse gänzlich entbehrten und eine Schauergeschichte erzählen, wie man sie auf Jahrmärkten hört."

Die Gefahr aber, dass von der Leiche aus, so lange sie noch nicht bestattet ist, Infectionen erfolgen können, was übrigens mit einiger Sicherheit nur von Pockenleichen festgestellt ist, ist bei der Leichenverbrennung im gleichen Maasse vorhanden, wie bei der Beerdigung.

Was den dritten Punkt anlangt, so ist nicht einzusehen, in welcher Weise durch die Leichenverbrennung, wobei die Asche gesammelt wird, um dann in Columbarien oder auf Urnenfeldern aufbewahrt zu werden mit der oft ausgesprochenen Absicht auf diese Weise die Ueberreste möglichst lange Zeit, wo möglich auf Jahrhunderte hinaus, als einen Gegenstand der Pietät für die Epigonen zu erhalten, mehr ein Verlust dieser Pflanzennährsalze verhütet wird, als durch das Begraben.

Entschiedene Beachtung verdient der vierte Einwurf gegen das Begraben, besonders hinsichtlich der Schwierigkeiten des Erwerbes des für die umfangreichen Begräbnissplätze nothwendigen Terrains für grosse Städte. Die Beispiele von London und Paris, welche schon gezwungen worden sind ihre Friedhöfe in solche Entfernungen zu verlegen, dass die Verbringung der Leichen dahin mittelst Eisenbahnen bewerkstelligt werden muss, geben Zeugniss für diese Schwierigkeit. Es ist nicht die Gefahr, welche von den Friedhöfen der Gesundheit der Bewohner dieser Städte gedroht hätte, die Ursache, dass diese grossen Entfernungen gewählt wurden, sondern der Grund hierfür ist in den immensen finanziellen Opfern zu suchen, welche ein Areal von entsprechender Ausdehnung in der Nähe grosser Städte

1) Die Bestattung der Todten. Giessen 1880. Ricker. S. 142.

erforderte. Unter solchen Umständen verdient die Verbrennung der Leichen gewiss den Vorzug. Denn mag man die Aschengefässe dann in eigenen Hallen, ähnlich den Columbarien des alten Roms, aufstellen, oder auf sogenannten Urnenfeldern begraben, so ist doch der Raum, welcher hierfür in Anspruch genommen wird, bei Weitem kleiner als jener, der für einen Begräbnissplatz nothwendig ist. Die Verbrennungsöfen können ohne Belästigung der Anwohnenden mitten in der Stadt oder bei grossen Städten an verschiedenen Stellen derselben aufgestellt werden, und es bleibt dann auch dem Armen wenigstens der Trost, der Bestattung eines geliebten Dahingeschiedenen beiwohnen zu können, was jetzt in Paris und London wegen des damit verbundenen Opfers an Zeit und Geld nur mehr den Bemittelten möglich ist.

Es gibt noch einige Fälle, in welchen sich die Verbrennung der Leichen empfiehlt. In erster Linie ist dies dann der Fall, wenn in der Umgebung eines Ortes kein für einen Begräbnissplatz geeigneter Boden vorhanden ist. Dieser Umstand ist vor Allem dann gegeben, wenn die vollständige oder theilweise Umwandlung der Leichen in Adipocire sich häufig ereignet, wie z. B. auf dem St. Peters-Kirchhof in Graz.[1]

Nicht minder empfehlenswerth wäre die Leichenverbrennung zur Vermeidung der Leichentransporte, die jedenfalls sehr leicht Veranlassung zu Belästigung durch den Gestank in Fäulniss übergegangener Leichen geben, unter Umständen aber auch die Weiterverbreitung von Infectionskrankheiten, wohl weniger durch die Leiche selbst, als deren Kleider etc. bewirken können.

Gewiss sehr zu empfehlen wäre die Leichenverbrennung ferner im Krieg, besonders nach grossen Schlachten, wo mit einem Male die Nothwendigkeit der Bestattung einer grossen Anzahl todter Menschen und Thiere gegeben ist, und in belagerten Festungen, woselbst bei der häufig vorhandenen Ueberfüllung mit Menschen eine vermehrte Sterblichkeit, theils durch Verwundungen, theils durch Krankheiten einzutreten pflegt, so dass um so leichter Mangel an Raum zur Beerdigung der Leichen sich geltend macht, als die massenhaften Dejectionen von Menschen und Thieren und weiterhin die Abfälle der geschlachteten und die Cadaver gefallener Thiere ebenfalls vergraben werden müssen. In diesen Fällen würde sich die Verbrennung als eine sehr heilsame Maassregel erweisen. Ich hege nur die

---

1) Vgl. J. Kratter, Ueber das Vorkommen von Adipocire auf Friedhöfen. Mittheilungen des Vereins der Aerzte in Steiermark für das Vereinsjahr 1878.

eine Befürchtung, dass vorläufig noch technische Schwierigkeiten der Ausführung hindernd in den Weg treten. Besonders dürfte dies der Fall sein nach grossen Schlachten, wegen der grossen Anzahl der binnen Kurzem sich anhäufenden Menschen- und Thiercadaver. Siemens gibt zwar eine Construction an, mittelst deren sich im Krieg innerhalb zwei Tagen Verbrennungsöfen aus Feldsteinen improvisiren lassen[1]), allein wenn man als Verbrennungszeit für eine menschliche Leiche nur das Minimum, nämlich 1 Stunde ansetzt, ferner eine halbe Stunde Zeit nach der Verbrennung jeder Leiche zur Beheizung des Ofens, um ihn zur Aufnahme einer frischen Leiche in Stand zu setzen, so können bei Tag und Nacht ununterbrochen fortgesetzter Thätigkeit des Ofens in 24 Stunden nur 16 Leichen verbrannt werden. Gesetzt nun auch es wären 10 derartige Oefen in Thätigkeit, so wird dadurch immer nur die Veraschung von 160 Leichen in 24 Stunden ermöglicht. Nun sind aber z. B. in der Schlacht bei Sedan nach dem Generalstabsbericht auf dem Platz geblieben: 187 Officiere und 2132 Soldaten und 564 Pferde, in Summa 2319 Mann und 564 Pferde. Rechnet man auf französischer Seite nur die gleiche Zahl von Verlusten an, wiewohl sie in der That höher waren, so macht dies eine Summe von 4368 Mann und 1128 Pferden. Es wären daher unter den obigen Voraussetzungen nur zur Verbrennung der obigen Leichen, die Pferdecadaver gar nicht gerechnet, 29 Tage und Nächte erforderlich, und es müssten daher die Leichen immer vorher schon begraben werden.

Von den Bedenken gegen die Leichenverbrennung ist weitaus das wichtigste dasjenige, welches von criminalistischer Seite geltend gemacht worden ist, nämlich, dass die Leichenverbrennung es unmöglich mache, einen etwa auf gewaltsame Weise erfolgten Tod später noch zu constatiren, und dass sie somit die Vermehrung der Morde begünstige.

So schwerwiegend auch dieser Einwurf auf den ersten Blick zu sein scheint, so möchte ich doch glauben, dass durch eine gut organisirte Leichenschau und einige andere Cautelen, welche vor der Verbrennung der Leichen Platz zu greifen hätten, Vorsichtsmaassregeln geschaffen werden können, welche eine Exhumation in späterer Zeit überflüssig machen und somit die Leichenverbrennung unbedenklich zulässig erscheinen lassen würden. Es würde mich zu weit führen, wollte ich diese Frage, welche hauptsächlich gericht-

1) Allgemeine Zeitschrift f. Epidemiologie v. Küchenmeister. 2. Bd. 2. Hft. S. 136.

lich-medicinisches Interesse hat, hier des weiteren besprechen, ich verweise bezüglich derselben auf die Abhandlung von Küchenmeister über die Feuerbestattung, woselbst sie einer eingehenden Erörterung unterzogen ist[1]), und jene von Kerschensteiner[2]), welcher praktische Vorschläge gemacht hat.

---

1) Allgemeine Zeitschrift f. Epidemiologie v. Küchenmeister. 2. Bd. 2. Hft. S. 148.

2) Gutachten über die Einführung der facultativen Leichenverbrennung, im Auftrage des Münchener Gesundheitsrathes. Veröffentlichungen des Deutschen Reichs-Gesundheitsamtes 1879.

Anmerkung. Das Manuscript vorstehender Abhandlung war schon zum Druck übermittelt, bevor die Verhandlungen „über die hygienischen Anforderungen an Anlage und Benutzung der Friedhöfe" auf der 9. Versammlung des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1881 stattfanden. Ich ergreife hier noch die Gelegenheit um darauf hinzuweisen, dass zwischen den oben vertretenen und den dort aufgestellten Anschauungen im Princip volle Uebereinstimmung besteht.

MASSENERNÄHRUNG

VON

Prof. Dr. J. FORSTER in Amsterdam.

Massenernährung.

Unter Massenernährung ist die Art der Nahrungszufuhr bei gesunden, meist in grösserer oder kleinerer Anzahl zusammenlebenden Menschen zu verstehen, deren Kost nicht nach eigener Wahl oder Bestimmung geregelt, sondern theilweise oder ganz aus allgemeinen, besonders öffentlichen Mitteln bestritten wird. Die Betrachtung an dieser Stelle kann auf einige mehr oder weniger typische Fälle beschränkt werden und zwar auf die Kost: 1. in Waisenhäusern, Erziehungs- und Besserungsanstalten; 2. in Kasernen, Militäranstalten, überhaupt des Soldaten im weitesten Sinne; 3. in Gefängnissen und Arbeitshäusern; 4. in Armen- und Versorgungsanstalten; endlich 5. in Volksküchen etc., in welchen vorzüglich einzelne Mahlzeiten geliefert werden.

Da in dem ersten Abschnitte dieses Buches die Grundzüge für die Beurtheilung und Zusammenstellung dessen, was zur Ernährung des Menschen von verschiedenem Alter und Geschlechte, unter wechselnden Lebens- und Arbeitsverhältnissen und mit Berücksichtigung der sich ihm darbietenden Lebensmittel erforderlich und zweckmässig erscheint, ausführlich dargestellt sind, so erübrigt hier im Wesentlichen nur die Besprechung der quantitativen Seite der Ernährung, nämlich die Frage, wie viel der verbrennlichen Nahrungsstoffe — in Form verschiedener aber rationell zusammengestellter Lebensmittel — in der mittleren täglichen Kost der genannten Menschengruppen enthalten sein sollen. Dabei können begreiflicherweise kurze Erinnerungen an frühere Auseinandersetzungen, in Anknüpfung an die besondere Lage der in diesen Fällen zu ernährenden Menschen, nicht bei Seite gelassen werden.

Man ist geneigt vor Allem bei der Massenernährung die Geldfrage ins Auge zu fassen: selbstverständlich nicht mit Unrecht, wenn sie nicht die alleinige Richtschnur bildet, und wenn nicht, wie das häufig geschehen ist, des billigen Preises wegen unvernünftiger Weise Substanzen zur Grundlage der Kost genommen werden, die hierzu nicht passen. Hier jedoch kann es sich keineswegs um die Auswahl

einer Nahrung nach deren Preis handeln, sondern nur um die möglichst sichere Feststellung derjenigen Zufuhr, unter welche in den einzelnen Fällen nicht gegangen werden soll, ohne mit mehr oder weniger Bestimmtheit nachtheilige Folgen, Verminderung der Leistungfähigkeit etc. bei den zu ernährenden Individuen befürchten zu müssen. Wie die gefundenen Nahrungswerthe am besten mit den weiteren Anforderungen der Kost, die bekanntlich nach der Entwicklung des Menschen, nach dem Verhalten seines Verdauungsapparates etc. auf der einen Seite, andererseits nach der Beschaffenheit der Lebensmittel zu beurtheilen ist, mit den Preisen der letzteren in Einklang gebracht werden können, ist eine Frage, die sich allgemein und gleichmässig nicht beantworten lässt, deren Lösung für bestimmte Orte jedoch nach den früheren Auseinandersetzungen und mit Berücksichtigung der localen Verhältnisse nicht allzu schwierig ist.

Wie in allen menschlichen Dingen, gilt übrigens auch für die Ernährung Carneri's[1]) Wort: Das Ideale ist unser Leitstern, nicht unser Ziel.

1. Waisenhäuser, Erziehungs-, Besserungsanstalten.

In diesen und ähnlichen Einrichtungen handelt es sich um die Ernährung von wachsenden Individuen. In den Organen des jugendlichen Körpers sind die Bedingungen der Stoffzersetzung reichlicher vorhanden als in dem ausgewachsenen Organismus. Das Kind bedarf daher zweifellos einer relativ grösseren Nahrungsmenge als der Erwachsene, und zwar um so mehr, als hierzu noch der Bedarf für den allerdings nicht sehr beträchtlichen täglichen Ansatz während des Wachsthums kommt. Thatsächlich geniesst auch das Kind, welches in gesundem Zustande innerhalb kürzerer Perioden nicht selten eine gleichmässige Nahrungsmenge aufnimmt[2]), zwar absolut geringere, dagegen relativ viel bedeutendere Nährstoffquantitäten als der Erwachsene[3]); dem entsprechend zeigen die Bestimmungen der Ausscheidungsproducte, besonders der stickstoffhaltigen, an Kindern von verschiedenem Alter[4]), dass die relative Menge der letzteren (im Verhältnisse zum Körpergewichte) mit den Jahren im Allgemeinen stetig geringer wird.

---

1) Grundlegung der Ethik. Wien 1881.

2) Vgl. z. B. Zeitschrift f. Biologie. Bd. 17. S. 530. 1881.

3) Ebenda. Bd. 9. S. 407. 1873.

4) Vgl. z. B. A. Schabanowa, Jahrb. für Kinderheilkunde. Bd. 14. S. 281. 1879 und die Handbücher der Physiologie; ferner Uffelmann, Hygiene des Kindes. 1881.

In den hier genannten Anstalten sind nun Kinder verschiedener Grösse und Entwicklung und gewöhnlich auch von beiden Geschlechtern vereint zu ernähren. Die Aufgabe hierbei in quantitativer Beziehung ist unter allen Umständen, den Inwohnern die zu einer gesunden körperlichen Entwicklung nöthigen Nahrungsmengen — unter Vermeidung der Angewöhnung an eine unzweckmässige Lebensweise — zu liefern, so dass das Einzelindividuum beim Verlassen der Anstalt sich auch in körperlich leistungsfähigem Zustande befinde und die ihm in der menschlichen Gesellschaft auferlegten Pflichten, soweit sein Körper hierbei in Betracht kommt, zu übernehmen und auszuführen im Stande sei.

Mit der Erkenntniss, dass der jugendliche Organismus relativ mehr Nährstoffe verbraucht als der erwachsene, ist jedoch noch kein bestimmtes Maass für die in den Anstalten zu reichenden, zweckmässigen Nahrungsmengen gegeben. Hier wie bei den quantitativen Betrachtungen über die menschliche Kost überhaupt ist man fast allein auf die Erfahrung angewiesen, welche lehrt wie viel von jugendlichen Individuen in längern Zeiträumen täglich verzehrt wird unter Umständen, bei welchen deren körperliche Entwicklung ersichtlich gut von statten ging.

Wenn nun gerade die Erfahrungen über die von Wachsenden verbrauchten Nährstoffmengen nicht sehr ausgebreitet sind, so dürften sie doch hinreichend sein, um im Zusammenhalte mit den früher besprochenen Grundsätzen der menschlichen Ernährung die Zweckmässigkeit einer Kostart in den genannten Anstalten zu beurtheilen. Berechnungen und Bestimmungen hierüber sind namentlich von Voit[1]) ausgeführt und zusammengestellt. Selbstverständlich kann es sich hierbei nicht um die Feststellung von Nahrungswerthen handeln, welche für das Einzelindividuum Gültigkeit haben, da eben die gewonnenen mittleren Zahlen den Verbrauch von Kindern von verschiedenem Alter und Geschlecht, von ungleicher Körpergrösse und Entwicklung etc. darstellen. Gerade bei der Kost in Waisenhäusern etc. ist es besonders wichtig, in ausgedehntem Maasse zu individualisiren und in der Nahrungsmenge zu wechseln, wozu die gefundenen Mittelzahlen die geeignete Richtschnur geben.

Nach Voit's Untersuchungen wurden in dem städtischen Waisenhaus zu München an Kinder von 6—15 Jahren in einer gemischten Nahrung, bei welcher die Kinder seit langer Zeit erfahrungsgemäss

1) Voit, Untersuchungen der Kost in öffentlichen Anstalten. S. 125. München 1877.

gesund und frisch sich verhielten [1]), nach der Kostordnung täglich im Mittel folgende Nährstoffmengen gereicht:

	1858—1875	Von 1875 an
Eiweiss . . .	67	79
Fett	41	37
Kohlehydrate .	257	247

Aus der Wägung der Rohmaterialien, die zur Herstellung der Speisen dienten, berechnet sich als wirklicher mittlerer Verbrauch der Kinder pro Kopf und Wochentag:

	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
1.	78,3	31,5	274,6
2.	93,1	35,5	233,8
3.	81,5	27,0	228,5
4.	58,1	37,9	270,6
5.	97,2	36,8	245,0
6.	62,8	58,7	289,1
7.	90,9	35,8	224,6
Mittel	80,2	39,0	252,3

Dass die Schwankungen in den täglichen Mengen, namentlich der Eiweissstoffe, nicht unbeträchtlich sind, ist nach früheren Betrachtungen bekanntlich an sich nicht als ein besonderer Nachtheil zu betrachten. Beachtenswerth ist vielleicht, dass, soviel der Zusammenstellung Voit's zu entnehmen ist, in der wärmeren Jahreszeit etwas weniger Nährstoffe verzehrt zu werden scheinen, als im Winter. Dies würde mit den theoretischen Vorstellungen über einen geringeren Verbrauch beim Aufenthalte in warmer Luft wohl im Einklange stehen; allein der Unterschied zwischen den verschiedenen Jahreszeiten ist nicht sehr beträchtlich und steht möglicherweise,

1) Die Kinder in dem Waisenhause zu München scheinen übrigens, obwohl sie körperlich ganz gut entwickelt sind, kein übermässig hohes Körpergewicht zu haben. Dieses beträgt rein (nach Abzug des Kleidergewichts) bei einer Anzahl derselben, Mädchen und Knaben, nach meinen Bestimmungen (siehe Abschnitt Ernährung S. 76) in Kilogramm:

Im Alter von	5½—7 Jahren	14,6—17,9
„ „	etwa 9 „	20,0
„ „	„ 12 „	24,7
„ „	„ 13 „	25,0.

wie Voit meint, im Zusammenhange mit der stärkeren Verwendung wasserreicher grüner Gemüse im Sommer. Es werden durchschnittlich im Tage verbraucht:

	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
In den Wintermonaten	72	40	280
Im Frühjahre . . .	72	32	243
In den Sommermonaten	68	38	229
Im Herbste	76	31	254

Von den Werthen, welche sich für die Kost im Münchener Waisenhause berechneten, weichen die Zahlen etwas ab, welche man an anderen Orten in ähnlichen Anstalten finden kann. So werden im Durchschnitte an einzelnen Tagen nach verschiedenen Erhebungen und Berechnungen von Kindern oder wachsenden Individuen verzehrt:

	Alter der Inwohner	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
1. Gurch'sches Gestift i. Frankft. a/O.[1]	6—15	42—92	17—37	256—373
2. Gossner-Haus, Berlin, Besserungsanstalt für Mädchen[1]	6—17	74	18	434
3. Waisenhaus in Amsterdam . . .	6—16	86	37	343
4. 4 Waisenhäuser in der Provinz Seeland (Niederlande)[2]	?	64—76	24—44	313—423
5. Staatserziehungsanstalt Niederschönefeld[1]	12—20			
ältere Kostordnung . . .	—	86	25	432
neuere Kostordnung . .	—	101	36	512
6. Von Hildesheim berechnet[3] . .	6—10	69	21	210
7. Simler, berechnet aus dem Consume der schweiz. Bevölkerung[4] .	15	75	20	250
8. Niederländische Waisenhäuser[5] . .	?	60—122	12—84	358—564

Selbstverständlich darf bei den beträchtlichen Zahlenunterschieden in den vorstehenden Angaben ein mittlerer Werth nicht berechnet werden. Indess erklären sich einzelne dieser Zahlen, besonders die höheren der letzten Reihe, durch den Umstand, dass die Kost in den genannten Anstalten nicht ausschliesslich an Kinder, sondern auch

1) Voit, a. a. O.

2) A. P. Fokker, Nederl. Tijdschr. v. Geneesk, 13. jaarg. 2. afd. p. 208. 1877.

3) Hildesheim, Die Normaldiät. Berlin 1856.

4) Simler, Versuch einer Ernährungsbilanz. Zürich 1876.

5) Haakma Tresling, Rapport over de Voeding in verschillende weeshuizen in Nederland. 1877. Seite 58 des Separatabdruckes.

an Erwachsene geliefert wird, oder dass hauptsächlich Vegetabilien, so Kartoffeln und gröberes Brod, verzehrt werden. Allein man kann den verschiedenen Beobachtungen, welche zeigen, dass im Allgemeinen von den Bewohnern der Waisenhäuser erhebliche Nährstoffmengen täglich verbraucht werden, entnehmen, dass die erst genannten, nach Voit's Meinung zweckmässig zusammengestellten Tagesrationen nicht weit von dem mittleren Bedürfnisse abweichen dürften.

In der That stimmen die Mengen von Fett und Kohlehydraten, welche in den letzteren gereicht werden, merkwürdig nahe überein mit den Quantitäten der stickstofffreien Nährstoffe, welche ohne Nahrungsaufnahme im Körper von Kindern, berechnet aus der Kohlensäureausscheidung, zersetzt wird. Nach meinen Beobachtungen[1]) würde ein 12—13jähriges Kind von 25 Kilo Körpergewicht in 24 Stunden etwa 540 Grm. Kohlensäure ausscheiden. Diese Kohlensäurenmenge wird durch die Verbrennung von 188 Grm. Fett oder von 50 Grm. Fett und 246 Grm. Kohlehydraten (Stärkemehl) geliefert, während auf eines der 5—15jährigen Waisenkinder im täglichen Durchschnitt 37 Grm. Fett und 247 Grm. Kohlehydrate trifft.

Schwieriger dürfte zu entscheiden sein, ob nicht auch bei einer niedrigeren Eiweisszufuhr die Kinder gedeihen würden. Aus dem Gedeihen oder Nichtgedeihen allein lässt sich ohnehin der Erfolg einer Ernährungsweise bei Kindern schwer beurtheilen; so hängt z. B. die Entwicklung der Muskulatur nicht allein von der Nahrung, sondern in hohem Grade von der Uebung, und das Aussehen und die Gesundheit der Kinder, abgesehen von intercurrirenden Krankheiten, von einer Anzahl äusserer Factoren und insbesondere der Art und Vertheilung der geistigen Beschäftigung (s. Abschnitt Schulhygiene) ab. Vielleicht dürfte bei Mädchen der Eintritt der menstruellen Entwicklung gewisse Anhaltspunkte in dieser Beziehung geben, da dieser wahrscheinlich bei einer qualitativ und quantitativ ungenügenden Zufuhr verzögert wird.

Der Vergleich der Aufnahme und Ausscheidung von Stickstoff kann nun nicht, wie der Vergleich der Kohlensäureausscheidung und der Kohlenstoffaufnahme, zur sicheren Entscheidnng der Frage führen, welches das Minimalbedürfniss eines wachsenden Individuums an Eiweiss ist, da eben ein Ueberschuss in der Stickstoff-, beziehungsweise Eiweisszufuhr hierbei wahrscheinlich nur so weit zum Wachsthum, also zu einer Aufspeicherung stickstoffhaltigen Materials im Körper, als der Wachsthumsenergie eines Einzelindividuums ent-

1) S. dieses Buch Thl. I. 1. Abschnitt. S. 76.

spricht, sonst aber zur Vermehrung des Eiweisszerfalls führt. Wenn nun auch angenommen werden muss, dass, wie die Fettzersetzung, so auch der Eiweisszerfall im jugendlichen Körper relativ grösser als im ausgewachsenen ist, so scheinen doch manche Beobachtungen dafür zu sprechen, dass eine mittlere tägliche Zufuhr von 70 bis 80 Grm. Eiweiss an Kinder verschiedenen Alters, in Form von rationell ausgewählten Speisen, reichlich bemessen, jedenfalls aber genügend ist. So berechnet in scharfsinniger Weise, wobei allerdings von wenigen Tagen auf längere Zeit geschlossen wird, Camerer[1]) aus den Ausscheidungen von 3 Kindern im Vergleiche zu deren Nahrungsaufnahme, dass etwa in der Zeit eines Jahres bei der folgenden mittleren Zufuhr im Tage:

	Alter in Jahren	Mittleres Gewicht in Kilo	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
1. Knabe	4	17,4	52,2	45,8	197,3
2. Mädchen	8½	21,8	51,0	47,0	207,7
3. Mädchen	10½	21,9	55,4	45,7	268,6

ein tägliches Wachsthum von 4,8, beziehungsweise 6,7 und 10,4 Grm. erfolgen kann. Wohl werden dabei einerseits an einzelnen Tagen von sämmtlichen Kindern die Mittelzahlen weit überschreitende Eiweissmengen verzehrt (von 51—76 Grm. im Tage), womit vielleicht zum Theile das beobachtete schubweise Wachsthum im Zusammenhange steht; andererseits ist zu beachten, dass Camerer's Kinder die Eiweissstoffe in verhältnissmässig gut ausnützbarer Form (Milch, Eier, Fleisch) verzehrten. Da nun das zugeführte Eiweiss nicht allein zum Ansatz (Wachsthum), sondern auch zur Bildung der dem Körper nöthigen stickstoffhaltigen Zwischenproducte leicht zersetzlicher Art (Fermente u. s. w.) zu dienen hat, so darf man wohl annehmen, dass die in der Tabelle angegebenen Zahlen das Minimum an resorbirbaren Eiweissstoffen ausdrücken, das in der Nahrung eines Kindes von 8—10 Jahren enthalten sein soll.

Aus den obigen Zahlen würde sich als tägliches Bedürfniss Wachsender für 1 Kgrm. des Körpergewichtes ergeben:

2,3— 3,0 Grm. Eiweiss,
2,1— 2,6 Grm. Fett,
9,5—12,3 Grm. Kohlehydrate.

Auch hier kommen die Zahlen für Fette und Kohlehydrate gut mit dem aus der Kohlensäureausscheidung berechneten Bedarfe an

1) Camerer, Zeitschr. f. Biologie. 16. Bd. S. 24. 1880.

stickstofffreien Stoffen überein. Man hat sonach wohl das Recht, diese sowohl wie die Eiweisswerthe als das Minimalbedürfniss anzunehmen. Dabei ist übrigens, wie bereits erwähnt, vorausgesetzt, dass die Eiweissstoffe, wie bei den Untersuchungen Camerer's, in einer gut ausnützbaren Form verzehrt werden. Wird die gleiche Eiweissmenge oder selbst noch mehr in weniger gut auszunützenden Vegetabilien gereicht, so dürfte sie nicht mehr ausreichend sein. In der That bleibt nach den Angaben Dr. Riedel's[1]) bei vielen der Zöglinge des Gossner-Hauses zu Berlin (siehe die Tabelle S. 373), welche durchschnittlich 74 Grm. Eiweiss, davon nur 7 Grm. in Form thierischer Nahrungsmittel erhalten, die menstruelle Entwicklung bis über das 15. und selbst das 16. Lebensjahr aus.

Bei der Zusammenstellung der täglichen Nahrung für Kinder und Halberwachsene ist neben der Quantität der Nährstoffe begreiflicherweise die Qualität der die Nahrung zusammensetzenden Speisen und deren Verhalten gegenüber dem Verdauungsapparate besonders zu beachten. Von den hier einschlägigen Verhältnissen, welche als bekannt hier nicht mehr näher zu erörtern sind, dürfte doch auf folgenden Umstand aufmerksam zu machen sein. Es scheint nämlich gerade hierbei vor Allem wichtig zu sein, den Genuss von sehr quellungsfähigen Speisen oder von solchen Nahrungsmitteln, welche relativ viel unverdauliche Substanzen enthalten, möglichst zu beschränken. Die Aufnahme grösserer Speisemassen wird bei Halberwachsenen rasch zur Gewohnheit; diese aber bewirkt, da eben nunmehr erst bei der Aufnahme grösserer Speisevolumina das Hungergefühl unterdrückt oder Sättigung hervorgerufen wird, jedenfalls einen dauernden übermässigen Verbrauch der Lebensmittel, der einerseits Verschwendung ist, andererseits allmählich nachtheilige Einwirkungen auf die Verdauungsorgane ausübt.

Ferner darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass das Bedürfniss an Wasser bei Kindern, besonders in der warmen Jahreszeit, nicht unerheblich ist. In meinen Untersuchungen über die gasförmigen Ausscheidungen bei Kindern (siehe oben) ergab sich, dass von Kindern von 4—13 Jahren bei Ruhe und einer Lufttemperatur von 15—22° C. in der Stunde 1—1,8 Grm. Wasser für 1 Kilo des Körpergewichts allein dampfförmig abgegeben wurde. An einem Sommertage (24 Stunden) scheidet ein sich nur wenig bewegendes Kind von 25 Kilo Körpergewicht sonach immerhin 600—1080 Grm. Wasserdampf ab, die wieder zu ersetzen sind, und selbstverständlich noch mehr bei lebhafter Bewegung.

1) Voit, a. a. O. S. 141.

Zur Deckung des Wasserbedürfnisses dürfte nun besonders bei Kindern, die zu guten Gewohnheiten erzogen werden sollen, neben Trinkwasser und Milch aus früher besprochenen Gründen der Genuss von wasserreichen, reifen Früchten (Obst, Beeren) wichtig und anstrebenswerth sein. Dass dieselben zu diesem Zwecke in grösserem Volum verzehrt werden müssen, bietet desshalb keinerlei Nachtheil, weil aus manchen — auch eigenen — Erfahrungen hervorgeht, dass die in Form von Obst u. s. w.[1]) genossenen Stoffe (mit dem Wasser) rasch aus dem Darme resorbirt werden; die Aufnahme selbst grosser Massen derselben führt daher nicht wie bei anderen, ebenfalls wasser-, aber auch stärkemehlreichen Gerichten (aus Kartoffeln u. s. w. bereitet), welch' letztere, in einer Art von gequollenem Zustande befindlich, langsam verdaut und resorbirt werden, zu einer länger dauernden Anfüllung des Magens und Darmes.

In Anstalten, in welchen Kinder oder Halberwachsene zu ernähren sind, dürften neben Fleisch daher Milch (und Molkereiproducte), Brod und andere aus Mehlproducten bereitete Speisen, wozu jedoch nicht die gröberen Sorten zu verwenden sind, die Grundlage der täglichen Nahrung bilden. Andere Speisen (Leguminosen, Kartoffeln und die anderen Vegetabilien in verschiedenen zweckmässigen Zubereitungen) bilden dabei die nöthige Ergänzung oder Abwechslung, sollen aber in einer rationellen Kost in der Regel nur als Zusätze zu den ebengenannten Lebensmitteln verbraucht werden. Da gerade Molkereiproducte im Vergleiche zu ihrem Nährstoffgehalte billig sind und mit der segensreichen Entwicklung des Molkereiwesens in der Neuzeit immer mehr verwendbare Fabrikate geliefert werden können, so ist besonders in den genannten Anstalten mehr als bisher meist geschah, die Verwendung der Milch zu beachten. Bereits mit einem Liter abgerahmter Milch, die um 12 Pfennige und weniger gekauft und von einem Kinde leicht und ohne Widerwillen zu erregen jeden Tag aufgenommen werden kann, wird die Hälfte des täglichen Eiweissbedarfes nebst einem Theile der erforderlichen Menge der stickstofffreien Nährstoffe gedeckt.

Bei der Ernährung des wachsenden Organismus ist neben der Auswahl der Lebensmittel die rationelle Vertheilung des Speisegenusses auf die verschiedenen Tageszeiten von hervorragender Bedeutung. Da einmal im kindlichen Körper die Bedingungen des Stoffzerfalls reichlicher vorhanden sind und sodann auch der Act der

---

1) Auch ein grösserer Verbrauch von Milch bewirkt nur eine vorübergehende Anfüllung des Magens, da die bei der Gerinnung des Caseins daselbst erhaltene Molke verhältnissmässig bald aufgesaugt wird.

Verdauung, wie ich aus einigen Beobachtungen schliessen muss, unter gleichen Umständen im Kinde für gewöhnlich rascher abzulaufen scheint als im Erwachsenen, so wird bei ersterem eine öfter im Tage wiederholte Aufnahme von Nährstoffen nöthig. Darauf ist zwar wohl bei Säuglingen, häufig aber bei grösseren oder halberwachsenen Kindern nicht in dem gebührenden Maasse geachtet worden. Es scheint nun, mit Rücksicht auf früher Besprochenes, zweckmässig, um den Kindern etwas gehaltreiche, sogenannte Zwischenbrode zu geben, neben dem Brode gerade hier Milch und Milchproducte zu verwenden, deren Anwendbarkeit um so leichter ist, als sie ohne besondere oder zeitraubende Zubereitung genossen werden können. Durch einen mehr oder weniger reichlichen Verbrauch von Milch zwischen den Hauptmahlzeiten wird noch der Vortheil erzielt, dass der Procentsatz der mit den letzteren zu verzehrenden Nährstoffe erniedrigt, und demnach eine vernünftige Angewöhnung der Kinder an kleinere Speisevolumina ermöglicht ist.

Dass bei der Anordnung der Arbeits-, beziehungsweise Schulstunden das Bedürfniss der Kinder nach wiederholter Speiseaufnahme besonders berücksichtigt werden muss, ist selbstverständlich. Die von manchen Seiten befürwortete, für den Erwachsenen angenehme Concentration der Unterrichts- und Arbeitsstunden mit nur kurzen Pausen muss für Kinder, abgesehen von anderen Momenten (siehe Capitel Schulhygiene) auch deshalb als unzweckmässig bezeichnet werden, weil ausser den zur Erholung und Ableitung der Kinder erforderlichen Unterbrechungen noch Zeit geschaffen werden muss für die mit der Nahrungsaufnahme verknüpfte Arbeit.

2. *Ernährung des Soldaten.*[1])

Bei der Ernährung der Soldaten ist die Aufgabe, gesunde, ihrem Alter nach meist am Ende der Wachsthumsperiode stehende Menschen, welche zwar sehr wechselnde, aber in bestimmten Zeiten doch ziemlich gleich bleibende Arbeitsleistungen auszuführen haben, auf die Dauer so zu erhalten, dass ihre durch beständige Uebung er-

1) Roth u. Lex, Handbuch der Militärgesundheitspflege. Berlin 1874/77. — Douillot, Hygiène militaire. Paris 1869. — Morache, Traité d'hygiène militaire. Paris 1874. — Parkes-de Chaumont, Practical hygiene. London 1878. — Kirchner, Militärhygiene. Stuttgart 1877. — Voit, Zeitschrift für Biologie. 12. Bd. S. 26. 1876. (Auch separat erschienen.) — Kriegs-Sanitäts-Ordnung v. 10. Januar 1878. Berlin 1878. — Ernährung des Soldaten. Bericht der bayer. Special-Commission. München 1880. — Umfassende Zahlen- und Literaturzusammenstellungen siehe bei: Meinert, Armee- und Volksernährung. I. Bd. Berlin 1880.

worbene und unterhaltene Leistungsfähigkeit nicht verringert wird. Welche Mengen der Nahrungsstoffe [1]) zu diesem Behufe von einem Individuum verbraucht werden müssen, ist von den verschiedenen Verhältnissen abhängig, unter welchen sich die Soldaten befinden können, soweit dieselben von Einfluss auf den stofflichen Verbrauch im menschlichen Körper sind.

Mit Rücksicht hierauf sind wesentlich zwei Momente im Auge zu behalten: das ist einmal der Umstand, dass die einzelnen Soldaten in der Regel nach ihrer Körpergrösse und der vermuthlichen Muskelkraft und Arbeitsfähigkeit in verschiedene Abtheilungen eingereiht werden, und sodann die wechselnden Anforderungen, welche an die Leistungen der Truppen oder Truppenabtheilungen in der Garnison, bei Märschen und Manövern und im Kriege gestellt werden. Diese beiden Momente sind bei den Betrachtungen über den Bedarf des Soldaten von hervorragender Bedeutung, da unter sonst gleichen Umständen in einem grossen und muskelkräftigen Körper mehr verbrennliche Stoffe zerstört werden als in einem kleinen und schwächlichen, und da der Verbrauch bestimmter Stoffgruppen im menschlichen Organismus mit der Dauer und Intensität seiner Muskelarbeit ansteigt.

Es ist sonach klar, dass die Nahrung derjenigen Truppenabtheilungen, für welche grosse und kräftige Individuen ausgesucht werden und von denen durchgängig mehr schwere körperliche Anstrengungen verlangt werden, anders beschaffen sein muss als die derjenigen Truppen, welche bei kleinerem Körperbau mittlere Arbeiten auszuführen haben; ferner muss bei den gleichen Truppentheilen in verschiedenen Zeiten die Ernährungsart sich ändern mit dem wechselnden Grade der Leistungen, welche jene etwa zu übernehmen haben. Hierbei ist jedoch an zwei Umstände besonders zu erinnern: Einmal daran, dass nicht, wie man sich häufig vorstellt, mit der Grösse der Zufuhr und der Zersetzungen im Körper auch die Leistungsfähigkeit wechselt, sondern dass eine rationelle Ausführung der Arbeit, welche im Körper allerdings einen höheren Stoffverbrauch hervorruft, ausschliesslich durch die Uebung der zu jener nöthigen Organe ermöglicht wird. Die Aufgabe der Nahrungszufuhr von aussen ist nicht, die im Momente zersetzten Stoffe stets sofort zu ersetzen, sondern ihr Zweck ist, in den Organen des thätigen Menschen einen Vorrath von Ernährungsmaterial aufzuspeichern und

1) Aus bekannten Gründen genügt es, auch hier, wie in der Regel bei den Auseinandersetzungen über die menschliche Kost, nur Eiweiss, Fette und Kohlehydrate in die Berechnung einzubeziehen.

zu erhalten, bei dessen Gegenwart die Thätigkeit der Muskeln u. s. w. trotz des mit der Arbeit wechselnden Stoffverbrauches ohne dauernde Verminderung ihrer Masse ablaufen kann. Ein zweiter für die vorliegende Aufgabe noch wichtiger Umstand ist sodann, dass eine fortgesetzte regelmässige Thätigkeit der Organe des menschlichen Körpers zu einer Vermehrung ihrer Masse führt; man muss daher schliessen, dass bei dauernder, gleichmässiger Thätigkeit innerhalb verschiedener Truppengattungen die Muskelmasse der Einzelindividuen trotz anfänglicher Verschiedenheiten keineswegs besonders ungleich sein wird.

Diese Verhältnisse gestatten, bei der Ernährung der Soldaten die Individualisirung mehr als in anderen Fällen in den Hintergrund zu setzen, und für einige bestimmte Lagen, in welchen sich Gruppen von Soldaten befinden können, eine mittlere Summe von Nahrungsstoffen festzustellen, die innerhalb einer gegebenen Zeit für eine Person zur Verfügung sein muss. Während für die Berechnung der Mittelzahlen, wie üblich und zweckmässig, die Zeit von 24 Stunden festgehalten wird, genügt es, bezüglich der körperlichen Zustände, hier zu unterscheiden 1. zwischen der Ernährung junger Männer von mittlerer und von kräftiger Constitution (Infanterie, leichte Cavallerie u. s. w. einerseits, Artillerie u. s. w. andererseits); und 2. zwischen deren Bedürfnissen bei den verschiedenen mit der Art ihrer Aufgabe wechselnden oder sich steigernden Anstrengungen (Garnisonsdienst, Manöver, Krieg). Dabei sind einige äussere, inconstante (namentlich klimatische) Verhältnisse nicht völlig ausser Acht zu lassen, welche einerseits die Arbeitsfähigkeit wie auch den Nährstoffverbrauch theilweise erniedrigen (z. B. Sommerhitze), hauptsächlich aber solche, welche vermehrte Anstrengungen und einen gesteigerten Stoffverbrauch im Menschen zur Folge haben (Winterkälte, dauernde Witterungsunbilden u. s. w.). Letztere führen dazu, dass eine sonst mässige Tagesarbeit leicht zu schwerer Anstrengung wird.

Nach den Angaben der bayrischen Commission[1]) beläuft sich die mittlere tägliche Arbeitszeit des Infanteristen in der Garnison auf etwa 9 Stunden (mit 3 Stunden Exerciren im Freien im Winter und 4½ Stunden im Sommer mit einer Belastung von 19.8 Kgrm.); bei den Manövern auf 9½—10½ Stunden (wovon 8—9 Stunden Marsch u. s. w. mit gleicher Belastung) und im Felde auf 10—12 Stunden (wovon 8—10 Stunden mit 24,3 Kilo Belastung auf Märsche, Gefechte u. s. w. gerechnet werden müssen). Da nun die eigentliche

1) A. a. O. S. 18.

Arbeitszeit eines gewöhnlichen Handarbeiters im Durchschnitte täglich etwa 9—10 Stunden beträgt, so darf man mit der genannten Commission annehmen, dass der Soldat in der Garnison die mittlere Leistung eines kräftigen Arbeiters und bei den Manövern starke Arbeit verrichtet, während er im Felde zu sehr starker Anstrengung oder schwerer Arbeit geeignet sein muss.

Unterscheidet man somit nach Körpergrösse und Arbeitsleistung, welch letztere innerhalb der drei Arbeitszustände der Soldaten bei den meisten Einzelindividuen nahezu gleich geachtet werden kann, so lässt sich aus dem durch Untersuchungen festgestellten Verbrauche des arbeitenden Menschen die für leistungsfähige Truppen im Mittel nöthige Nahrungsmenge mit annähernder Sicherheit berechnen.

Bedarf an stickstofffreien Nahrungsstoffen. Dieser lässt sich bekanntlich berechnen aus der Menge des Fettes, welche beim Hunger zerstört wird, da durch die Zufuhr von Fett oder von anderen Stoffen, welche das Fett mit dem gleichen Effecte im Körper vertreten können, wohl unter dem Einflusse der damit verknüpften Darmarbeit u. s. w. im Thierkörper etwas mehr Fett zerstört wird als beim Hunger, sonst aber ein eventueller Ueberschuss in der Zufuhr zur Fettaufspeicherung im Körper führt. Unter gleichen Umständen und in gleicher Zeit zerfällt nun beim Hunger im Allgemeinen in einem grösseren Organismus, wenn auch selbstverständlich nicht völlig proportional dem Körpergewichte, mehr Fett als in einem kleineren Individuum; es verbraucht ferner der noch nicht ausgewachsene Körper etwas mehr Fett als der erwachsene, und endlich steigt mit der Arbeitsleistung (resp. der Muskelthätigkeit) die Zerstörung von Fett im Körper proportional an. Der fast nur in extremen Fällen zur Wirkung kommende Einfluss der Temperatur auf den Fettverbrauch im normalen Menschen kann hierbei, wie oben gethan, als Vermehrung und eventuell als Verminderung der körperlichen Leistungen in Rechnung gebracht werden.

Nach den Untersuchungen von Pettenkofer und Voit[1]) kann man nun annehmen, dass unter sonst gewöhnlichen Umständen bei Hunger und Ruhe in 24 Stunden von einem kräftigen Manne, entsprechend seiner Körpergrösse und Muskelmasse, bei einer mittleren Eiweisszersetzung in seinen Organen etwa 190—210 Grm. Fett verbraucht werden, während in schwächlichen Individuen (unter 60 Kilo Körpergewicht) hierbei beträchtlich weniger Fett zerfällt.[2]) Unter

1) Pettenkofer und Voit, Zeitschr. f. Biologie. 2. Bd. S. 459. 1866. Siehe auch Bericht der bayr. Commission, a. a. O. S. 17.

2) Bei der Aufnahme einer mittleren Kost, bei welcher das Stickstoffgleich-

dem Einflusse von Muskelarbeit wird dieser Verbrauch nach neueren Untersuchungen Voit's [1]) so weit gesteigert, dass nunmehr bei einer sehr mässigen Leistung von 24000 Kilogrammmeter in der Arbeitsstunde ungefähr 8 Grm. Fett mehr oxydirt wird.

Für die oben besprochenen Verhältnisse ergibt sich sonach als Fettbedarf im Mittel für einen Mann im Tage:

	bei leichten Truppen	bei schweren Truppen
Garnison . .	190 + 72 = 262	210 + 72 = 282
Manöver . . .	190 + 85 = 275	210 + 85 = 495
Feld	190 + 96 = 286	210 + 96 = 306

Da hierbei die mit der Nahrungsaufnahme verknüpfte Functionssteigerung des Darmes und anderer Organe, sowie der Umstand, dass die Soldaten meist noch nicht völlig erwachsene Individuen sind — Momente, welche beide einen höheren Fettumsatz im menschlichen Körper veranlassen — noch nicht einmal in Rechnung gezogen sind und zudem noch ein Verbrauch bei mässiger Tagesarbeit angenommen wurde, so ist kaum zu zweifeln, dass mit obigen Zahlen das Minimum von Fett angegeben ist, was ein Soldat durchschnittlich im Tage bedarf oder erhalten muss, wenn nicht sein Fettvorrath, beziehungsweise das Ernährungsmaterial in seinem Körper abnehmen soll.

Zur Verhütung des Fettverlustes vom Körper dient, vom Eiweiss einstweilen abgesehen, die Zufuhr von Fetten und Kohlehydraten; die gleiche Wirkung in dieser Beziehung kann aber mit

gewicht herrschte und der Fettverlust durch die Zufuhr von Fetten und Kohlehydraten gedeckt wurde, wurden in den angeführten Versuchen von der gleichen Versuchsperson (in der Ruhe) 72 Grm. Fett und 352 Grm. Kohlehydrate verbraucht. Rechnet man nach Voit 175 Kohlehydrate äquivalent 100 Fett, so würden sonach hierbei 201 + 72 = 273 Grm. Fett zerstört worden sein. Dieser Mehrverbrauch ist wohl zu gross, um durch die vermehrte Darmarbeit etc. bei der Nahrungsaufnahme erklärt werden zu können. Rechnet man dagegen Fette und Kohlehydrate in dem Verhältnisse von 100 zu 240, wie dies früher Liebig gethan hatte, so würden bei Nahrungsaufnahme und Ruhe 147 + 72 = 219 Grm. Fett in 24 Stunden oxydirt sein. Ich glaube, man wird hierdurch im Gegensatze zu der auf Thierversuche sich stützenden Annahme (s. 1. Theil dieses Buches), zu dem Schlusse gedrängt, dass beim Menschen Fette und Kohlehydrate in Bezug auf den Fettumsatz sich nach ihrem Wärmeäquivalentwerthe vertreten. Neue Versuche können hier erst Sicherheit geben; doch muss einstweilen in den nachstehenden Zeilen die Verhältnisszahl 100 zu 240 angenommen werden.

1) Ber. d. bayr. Commission, a. a. O. S. 17.

verschiedenen Mischungen der beiden Nährstoffgruppen erzielt werden. Nimmt man statt des Verhältnisses, welches in den Versuchen von Voit und Pettenkofer willkürlich gewählt war, die Menge von 500 Grm. Kohlehydraten — diejenige Menge nämlich, welche nach Voit in der täglichen Kost eines Erwachsenen nicht überschritten werden soll —, so müssten in der mittleren täglichen Ration des Soldaten von mittlerer Körperconstitution unter der Annahme, dass 100 Grm. Fett gleichwerthig 240 Grm. Kohlehydrate (500 Grm. der letzteren sonach = 208 Grm. Fett) sind[1]), enthalten sein:

	Fett	Kohlehydrate
1. Garnison .	54	500
2. Manöver . .	67	500
3. Feld . . .	78	500

Dieses Minimum ist für die Truppengattungen, welche aus den kräftigeren Individuen zusammengestellt werden, und welche im Verhältnisse zu anderen schwerere körperliche Arbeiten auszuführen haben, mindestens mit einer mittleren Menge von 20 Grm. Fett im Tage zu vermehren. Das Gleiche muss geschehen, wenn die Truppen länger dauernden, nicht durch genügende Rastzeiten unterbrochenen Anstrengungen unterworfen sind, was sich im Felde bekanntlich ereignen kann. Wenn während grosser — aber mit Ruheperioden abwechselnder — Leistungen im Körper mehr Fett verbraucht werden sollte als der Zufuhr entspricht, so wird hierbei der Fettvorrath im Körper angegriffen; aber in den dazwischen liegenden Ruhezeiten ergänzt sich dieser wiederum, da bei der Ruhe weniger[2]) verbraucht wird als dem oben berechneten Minimum der täglichen Zufuhr entspricht. Fehlt jedoch die genügende Rastzeit (Schlaf bei Nacht,

1) Rechnet man, wie die Experimente am Hunde zu ergeben schienen, den Wirkungswerth der Kohlehydrate und Fette auf den Fettverbrauch wie 175 zu 100, so würden 500 Grm. der ersteren 286 Grm. Fett entsprechen, damit wäre aber der Bedarf des Soldaten an stickstofffreien Stoffen in den Zeiten starker Anstrengungen bereits gedeckt. Thatsächlich werden aber stets und überall von erwachsenen Männern, die einigermaassen arbeitsfähig sind, im Tage mehr Fette und Kohlehydrate verzehrt, als dieser Menge entsprechen würden (siehe den 1. Abschnitt dieses Buches). Auch diese Erfahrung zwingt anscheinend, den Wärmeäquivalentwerth der beiden Substanzen bei deren Wirkung auf den Fettumsatz im menschlichen Körper beizubehalten.

2) und zwar um so weniger, wenn nach stärkeren mehrtägigen Anstrengungen, wie das bekanntlich der Fall ist, die an den Rasttagen folgende Ruhe entsprechend tiefer wird.

Rasttage u. s. w.), so ist wohl trotz anscheinend genügender Zufuhr eine Fettverarmung des Körpers unausbleiblich, die die Leistungsfähigkeit der Truppen beeinträchtigt, aber durch eine erhöhte Fettzufuhr verhütet werden kann.

Bedarf an Eiweiss. Das Minimum der Eiweissmenge, welche ein Soldat zum Zwecke der Erhaltung eines leistungsfähigen Körpers zugeführt erhalten soll, lässt sich mit weniger Bestimmtheit angeben als das bei den stickstofffreien Substanzen möglich erschien. Wird viel Eiweiss gereicht, so steigt rasch die Zersetzung desselben an, wird wenig zugeführt, so sinkt der Eiweissumsatz, so dass bei relativ ungleichen Eiweissmengen in der Nahrung der Körperbestand erhalten werden kann. Ein Ueberschuss in der Nahrung zerfällt also, ohne zu einer bleibenden Aufspeicherung im Körper zu führen, während bei einer zu niedrigen Zufuhr und Zersetzung von Eiweiss die Masse der Organe und damit deren Leistungsfähigkeit abnimmt. Während ferner äussere Verhältnisse und wechselnde Zustände des Menschen, so speciell seine Arbeitsleistung, den Fettumsatz beherrschen, wird die Grösse des Eiweissverbrauches im Gesammtkörper von der Arbeit u. s. w. nicht beeinflusst. Man ist daher bei der Feststellung des Eiweissbedürfnisses für den Soldaten auf die Erfahrung angewiesen, welche zeigen kann, welche Eiweissmenge im Tage durchschnittlich von Erwachsenen, welche sich, unter ähnlichen Bedingungen wie die Soldaten lebend, unseren Kenntnissen nach zweckmässig nähren, verbraucht wird. Man findet nun, wenn man die Erhebungen in verschiedenen Ländern und Klimaten vergleicht (s. den ersten Abschnitt dieses Buches), dass solcherweise 100—170 Grm. und mehr Eiweiss täglich von einer Person verbraucht werden und zwar im Allgemeinen bei kräftigem Körperzustande mehr, weniger bei schwächlicher Constitution oder geringem Leistungsvermögen. Sieht man von den Extremen ab, welche bei schwächlichen oder aus verschiedenen Gründen unzweckmässig ernährten Menschen gefunden werden, so ergibt sich, dass gesunde Männer, welche mässige oder mittlere Arbeiten ausführen, in verschiedenen pflanzlichen und thierischen Nahrungsmitteln durchschnittlich 120—137 Grm. Eiweiss im Tage verzehren.

Wenn man nun auch nicht zweifeln kann, dass kleinere Personen, die nur leichtere Arbeiten auszuführen haben, bei einer geringeren täglichen Eiweissaufnahme dauernd sich erhalten können[1]),

---

1) Vergl. Benecke, Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg. 11. Bd. 1878. — Flügge, Beiträge zur Hygiene. S. 93. Leipzig 1879.

so dürfte für einen Arbeiter, welcher einigermaassen schwereren körperlichen Anstrengungen unterworfen sein kann und dabei auf die Dauer leistungsfähig bleiben soll, nicht viel weniger Eiweiss in Form der sogenannten gemischten Kost als die eben genannten Summen durchschnittlich im Tage gereicht werden.

Mehrere Gründe sprechen in der That dafür[1]), dass beim Soldaten, wie überhaupt bei kräftigen Menschen, welche zu mehr als nur leichten Handarbeiten tauglich sein sollen, eine etwas reichliche Eiweisszufuhr nöthig erachtet werden muss. Abgesehen davon, dass in der grösseren Organmasse solcher und namentlich noch jugendlicher Personen an sich mehr Eiweiss zerfällt als in einem kleinen und schwächlichen Organismus, so führt fortgesetzte Muskelthätigkeit und Uebung bei jedem Körperbau zur Verdickung der Muskulatur, also zur Ansammlung von Eiweiss im Körper, welche nun durch eine entsprechende Eiweisszufuhr erhalten werden muss; sodann erfordert der mit der Muskelarbeit ansteigende Fettumsatz eine erhöhte Aufnahme der stickstofffreien Nahrungsstoffe und dazu eine entsprechend vermehrte Production der stickstoffhaltigen Verdauungssäfte, die nun wiederum eine Erhöhung des Eiweissumsatzes und sonach der Eiweissaufnahme in dem arbeitenden Körper voraussetzt.[2]) Trotzdem sonach unter dem Einflusse der Tagesarbeit innerhalb 24 Stunden im menschlichen Körper nicht mehr Eiweiss zersetzt wird wie bei der Ruhe, so ist doch ersichtlich, dass bei dauernden körperlichen Anstrengungen einer Person zur Erhaltung ihres Arbeitsvermögens nicht nur deren Fett-, sondern auch deren Eiweissbedarf grösser wird. Man ist daher berechtigt, mit Voit die Summe von 118—120 Grm. Eiweiss, die er als tägliches Bedürfniss für den eine mittlere Arbeit leistenden Handarbeiter berechnet, als Minimalzahl der täglichen Eiweissmenge anzunehmen, welche dem Soldaten von mittlerer Körperconstitution und Thätigkeit (Garnison) durchschnittlich zu reichen ist. Diese kleinste Menge ist aus den angeführten Gründen bei den schweren Truppengattungen oder bei dauernd erhöhten Anstrengungen ähnlich der Fettzufuhr entsprechend zu vermehren.

Eine für den leistungsfähigen Soldaten passende Nahrung müsste hiernach im Mittel täglich etwa enthalten[3]):

---

1) Bowie (Voit), Zeitschr. f. Biologie. 15. Bd. S. 459. 1879.

2) Hofmann, Die Fleischnahrung und die Fleischconserven. Leipzig 1880.

3) S. besonders den Ber. der bayr. Commission (Voit), a. a. O. S. 20. — Kriegssanitätsordnung 1878. S. 202.

	Eiweiss	Fett	Kohle-hydrate
1. In der Garnison	118—125	55—60	500
2. Bei Manövern .	130—135	65—80	500
3. Im Felde . .	135—145	über 80—100	500

Von den hier berechneten Zahlen weichen die Rationen in vielen Armeen nicht sehr beträchtlich ab; in einzelnen derselben schliessen sich die Verpflegungssätze, z. B. die neuen, mit Sorgfalt durchgearbeiteten Reglements für die niederländische Landmacht (1881)[1]), sogar eng den Berechnungen Voit's an. Nur ist nicht selten die aus den vorgeschriebenen Rationen der Lebensmittel für einen Tag berechnete Menge der Kohlehydrate grösser und die Fettmenge geringer als hier angegeben, dabei bisweilen in einem Verhältnisse, das nach den Erfahrungen über das Verhalten der Nahrungsmittel im Darme unzweckmässig genannt werden muss. Die Ursache dieser Differenz ist meist der Umstand, dass im Verhältniss zu anderen Speisen das Brod, welches wegen seiner leichten Geniessbarkeit, aber auch wegen seiner relativ guten Transportfähigkeit und Haltbarkeit u. s. w. stets einen hervorragenden Antheil der Nahrung der Soldaten ausmacht, in überreichlicher Quantität häufig noch in Verbindung mit grösseren Mengen von Kartoffeln[2]), in den militärischen Speisezetteln figurirt.

Nach einer den Handbüchern der Militärhygiene entnommenen Zusammenstellung Meinert's[3]) werden in den nachstehenden Armeen an einen Soldaten im Mittel — doch selbstverständlich mit erheblichen Abweichungen hiervon an den einzelnen Tagen — etwa gereicht:

1) Voorschrift betreff. de voeding van de militairen der Landmagt etc. Vastgest. bij beschikk. v. d. Minist. v. Oorlog van 25 Oct. 1880. Afd. VI. Intend. No. 81. 's Gravenhage 1880. Im Mittel berechnet sich hier pro Mann und Kopf etwa:

	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
bei Garnisondienst . .	120	60	550
bei Manövern etc. . . .	130	75—80	520

Summen, welche im Kriege entsprechend erhöht werden.

2) Mit Recht ist in dem öfter erwähnten bayrischen Berichte (S. 23) bemerkt, es erscheine bei unsern Gewohnheiten kaum denkbar, dass Jemand an einem Tage neben anderen Speisen z. B. Fleisch etc. noch 2000 Gr. Kartoffel und 750 Grm. Brod verzehre. Jedenfalls ist eine in solcher Weise täglich erfolgende Speiseaustheilung aus bekannten Gründen als nicht rationell zu bezeichnen.

3) Meinert a. a. O. I. Bd. S. 286. Vgl. übrigens Kirchner a. a. O. — Die von Meinert beliebte Ausscheidung von resorbirbarem Eiweiss in der Tabelle ist, solange nicht umfassendere Ausnützungsversuche vorliegen, willkürlich.

Armeen	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
1. Deutsches Reich:			
a) Kleine Friedensportion	107	22	489
b) Grosse Friedensportion	135	27	533
c) Kleine Kriegsportion			
bei Fleisch und Brod	133	35	471
bei Speck und Brod	78	146	471
bei Fleisch und Zwieback	150	35	471
bei Speck und Zwieback	97	146	471
Grosse Kriegsportion	192	45	678
2. Oesterreich-Ungarn:			
Frieden	100	51	474
Krieg: bei Fleisch	146	47	645
bei Speck	109	135	645
3. Frankreich (1874):			
Frieden	130	29	542
Feld: bei Brod	139	31	574
bei Zwieback	168	31	574
Marine[1])	136	44	478
4. Italien (1869):			
Frieden	113	38	613
Krieg	127	45	613
5. Belgien (1866) Minimum	120	25	596
6. Schweiz (1866) Minimum:			
Frieden	97	36	350
Krieg	123	51	350
7. Spanien (1860):			
Krieg: bei Brod und Fleisch	94	23	447
bei Brod und Speck	57	86	447
bei Brod und getrocknetem Fisch .	252	9	447
8. Russland (1871)	166	28	700
9. Türkei (1860)	110	47	540
10. England (1873):			
Frieden	104	41	520
Feld (Minimum)	106	54	365
11. Vereinigte Staaten N.-A. (1875):			
Frieden: bei Brod	129	49	377
bei Zwieback	150	48	460
Krieg: bei Brod	160	42	490
bei Zwieback	176	42	640

Was die Mischungsverhältnisse der Nahrungsmittel, aus welchen die dem Soldaten nöthige Nahrung zusammengestellt werden kann, und die Qualität der letzteren anlangt, so muss in dieser Beziehung auf den ersten Abschnitt dieses Buches verwiesen werden. Wenn auch im Allgemeinen die Kost des Soldaten, namentlich im Felde, begreiflicherweise nur aus wenigen Speisen zusammengesetzt sein kann und dabei der Quantität nach hauptsächlich Brod und Fleisch[2])

1) Vgl. auch Fonssagrives, Traité d'Hygiène navale. 1877. p. 779.

2) Die bayerische Commission (a. a. O. S. 33 u. ff.) nimmt als tägliches Brodmaximum 750 Grm. an, eine Menge, welche jedoch zweckmässig — wegen der auch beim Brodverbrauche allmählich auftretenden Abneigung gegen den dauern-

verbraucht werden, so ist die richtige Auswahl, Zubereitung und Vertheilung der Speisen, für welche dort die leitenden Gedanken hinreichend ausgesprochen sind, sowie der rationelle Verbrauch von Würz- (Kochsalz[1]) u. s. w.) und Genussmitteln (Kaffee, Alkohol) auch hier von nicht geringer Bedeutung; dies gilt besonders bei der in neuerer Zeit nicht blos auf Schiffen, sondern auch bei den Armeen immer mehr geübten Anwendung der Conserven, welche bekanntlich in mannigfacher Weise geliefert werden können. An einen Umstand dürfte jedoch wohl noch besonders erinnert werden, dessen Nichtbeachtung bei der Ernährung der Soldaten im Felde und auch bei Manövern unter Umständen nachtheilige Folgen haben kann[2]); das ist, dass nicht längere Zeit hindurch die tägliche Kost oder der grössere Theil derselben in einer Hauptmahlzeit oder am Ende tagelanger Märsche gereicht wird; die Aufnahme von Speisen während des Tages ist den Truppen in ähnlicher Weise vertheilt zu ermöglichen, wie allgemein als zweckmässig erkannt wurde.[3]) Eine rationelle Vertheilung des Speisegenusses ist besonders dann noch von Wichtigkeit, wenn relativ eiweissreiche Nahrungsmittel z. B. Fleisch genossen werden. Diese werden, allein verzehrt, meist rasch verdaut und resorbirt und nach der Resorption alsbald zersetzt, während dann in den darauffolgenden Stunden die Eiweisszersetzung im Körper auf Kosten der Organmasse vor sich gehen kann. Werden zum Fleische stärkemehlhaltige Speisen (Brod) verzehrt, so wird die Verdauung und Resorption des ersteren immerhin etwas verlangsamt und läuft damit auch die Eiweisszersetzung im Körper gleichmässiger ab. Aus diesem Grunde erscheint der Vorschlag der bayrischen Commission[4]), bei Manövern und im Felde dann, wenn nur einmal im

---

den Genuss einer Speise in grösserer Menge — in einigen, verschieden schmeckenden Brodsorten, wie 1797 bereits Graf Rumford als richtig erkannte, gereicht wird. Rechnet man nun dazu mit der Commission 212 Grm. knochenfreies frisches Fleisch (230—250 Grm. mit Fleisch) oder gleichwerthige Substanzen wie Fleischwaaren oder Käse, so sind darin enthalten (a. a. O. S. 38):

	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
750 Grm. Brod .	63,7	9,7	393,7
212 Grm. Fleisch	41,8	20,7	—
	105,5	30,4	393,7

Durch andere Nahrungsmittel sind sonach noch zu decken etwa 15 Grm. Eiweiss, 26 Grm. Fett und 106 Grm. Kohlehydrate.

1) Für die tägliche Victualienportion wird in der Kriegs-Sanitätsordnung ein Zusatz von 25 Grm. Kochsalz verlangt.

2) Forster, Zeitschr. f. Biologie. 9. Bd. S. 384. 1873.

3) S. auch Kirchner, a. a. O. S. 28.

4) A. a. O. S. 37.

Tage abgekocht werden kann, in der einen Hauptmahlzeit die gesammte Fleischportion zu verzehren, nicht zweckmässig; rathsamer ist es auch in solchen Ausnahmsfällen nur einen Theil des Fleisches mit reichlich Brod, beziehungsweise stärkemehlhaltigen Substanzen, zu essen, da eben die alleinige reichliche Eiweissaufnahme doch nur zu einer raschen und zum Theile nutzlosen Eiweisszersetzung führen würde.

Bei der Mundverpflegung des Soldaten ist auf all diese Verhältnisse, sowie auch auf die Beschaffung reiner und normaler Lebensmittel ganz besonders zu achten; denn nicht zum Mindesten beim Soldaten handelt es sich darum, durch eine in jeder Beziehung rationelle Ernährungsweise und ein regelmässiges Leben überhaupt dessen Körper fähig zu machen, unvermeidlich ihn treffende Störungen ohne bemerkenswerthe Schädigung seiner Gesundheit und Leistungsfähigkeit zu ertragen.

Eiserner Bestand.[1]) Aus praktischen Gründen[2]) erscheint eine tägliche Ausgabe der Mundverpflegung an die Mannschaft zweckmässig. Indess liessen die Erfahrungen im Felde es unter Umständen passend erscheinen, den Soldaten wie mit Munition so auch mit Reservenahrung für einige Zeit auszurüsten. Dies führte bekanntlich in einigen Armeen zur Einführung des sogen. eisernen Bestandes, d. h. eines Proviantes, den der Soldat beständig im Vereine mit seinem anderen Gepäcke mit sich tragen muss und von dem er nur in besonderer Noth Gebrauch machen sollte. Der eiserne Bestand soll also dann, wenn die gewöhnliche Mundverpflegung durch tägliche Austheilung der Nahrungsmittel schwierig oder unmöglich geworden ist, z. B. bei raschen Märschen, Truppen-Concentrationen, bei Unterbrechung der Verbindungen, bei gefährlichen Unternehmungen einzelner Detachements u. s. w. als Ersatz in Verwendung genommen werden.

Es ist von vorneherein klar, dass der den eisernen Bestand zusammensetzende Proviant unter solchen Umständen bestimmte Eigenschaften haben muss. Sein Volum und Gewicht muss selbstverständlich möglichst klein sein; er darf ferner auch in leichter Verpackung oder Umhüllung bei längerem Transporte nicht verderben und soll endlich möglichst ohne besondere Zubereitung genossen werden können. Nur wasserarme Substanzen können daher die Reservenahrung bilden, deren Zusammenstellung in geeigneter Weise seit den Fort-

---

1) Voit, Anhaltspunkte zur Beurtheilung des sogen. eisernen Bestandes. München 1876.

2) Vgl. hierüber die Handbücher der Militärgesundheitspflege.

schritten der Conserventechnik in der neueren Zeit übrigens keine besonderen Schwierigkeiten darbieten dürfte.

Vor allen Dingen ist nun zu beachten, dass eine volle tägliche Mannesnahrung auch in der concentrirtesten Form immerhin ein nicht unbeträchtliches Gewicht darbietet, ein höheres, wenn mehr Kohlehydrate, ein geringeres, wenn relativ mehr Fette in derselben enthalten sind. Nach den Berechnungen Voit's würden die Mannschaften bei wechselnder Verpflegung als Minimalgewichte in Grammen für die reinen Nahrungsstoffe allein schon zu tragen haben:

Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	Summe für 1 Tag	Summe für 3 Tage
120	170	350	640	1920
120	227	250	597	1791
120	284	150	554	1662

Dieses Gewicht wird dadurch noch grösser, dass reine Nährstoffe an sich keine geniessbare Nahrung geben, sondern in Form von Speisen gereicht werden müssen, die auch in getrocknetem Zustande (als Fleischmehl, Erbsenmehl, Brod-, Zwieback-, Käsepulver u. s. w.) immer noch 10—20 % mehr wiegen können als die reinen Nährstoffe.

Bekanntlich ist eine regelmässige Mundverpflegung der Truppen auch im Felde neuerlich durch die ausgebreitete Bereitung und Anwendung der Conserven [1]), welche sich im Allgemeinen durch ihre Haltbarkeit und Transportfähigkeit, meist auch durch ihr relativ geringes Volum und Gewicht auszeichnen, sehr erleichtert worden. Desshalb bietet auch die tägliche Ausreichung der Mundverpflegung an die Mannschaft aus einem für grössere Truppentheile bestimmten Vorrathe selbst unter ungünstigen Verhältnissen nicht mehr die gleichen Schwierigkeiten wie noch in kurzvergangener Zeit. Andererseits ist aber aus dem gleichen Grunde an eine etwa dreitägige Verproviantirung des einzelnen Soldaten eher zu denken, als früher, wo wasserarme Conserven nicht in der gleichen Mannigfaltigkeit und Qualität wie jetzt zur Verfügung standen oder bereitet werden konnten. Während sonach die Frage, ob der Soldat zu seinem sonstigen Feldgepäcke noch den für einige Tage nöthigen Proviant stets mit

1) Die ausschliessliche Verpflegung mit Conserven (s. den 1. Abschnitt dieses Buches) erscheint bekanntlich nicht zweckmässig, da diese, wie namentlich die Erfahrungen auf Schiffen zeigen, auch bei anscheinender Mannigfaltigkeit der Mischungen leicht dem Geschmacke zuwider werden, wenn sie längere Zeit allein genossen werden müssen.

sich tragen soll, mehr nach militärischen und disciplinären Gesichtspunkten zu entscheiden ist, kann es sich hier allein darum handeln, ob auch für einzelne, im Ganzen wohl selten sich ereignende Fälle der Noth, die nicht allein mit Hinsicht auf die Mundverpflegung, sondern noch mehr mit Rücksicht auf die Bedürfnisse nach Munition u. s. w. bekanntlich möglichst zu vermeiden sind, oder nur kürzeste Zeit dauern dürfen, den Mannschaften stets eine volle Nahrung zu Gebote zu stehen habe.

Abgesehen von dem Umstande, dass gerade in Nothfällen es den Truppen schwierig werden kann, den Speiseverbrauch nach Tageszeiten zu regeln und so das sonst nöthige Tagesquantum zu bewältigen, erscheint es aus physiologischen oder hygienischen Gründen nicht absolut nöthig, täglich annähernd gleiche Nährstoffmengen zu gebrauchen; die Gründe hierfür sind an einer früheren Stelle hinreichend besprochen. Eine selbst mehrtägige mangelhafte Zufuhr, namentlich was das Eiweiss anlangt, kann darnach vorübergehend — unter der Voraussetzung, dass es Individuen betrifft, welche sich in einem guten Ernährungszustande befanden und nach Ablauf der Hungerzeit Gelegenheit und Material zur Erholung erhalten — ohne Nachtheil ertragen werden, ja selbst ohne Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit, wenn man das von den wenigsten Menschen zu überwindende Hungergefühl mit seinen verschiedenen, hauptsächlich psychischen Folgen auf irgend eine Weise zu unterdrücken oder abzuleiten im Stande ist. Dies letztere kann bei einer quantitativ ungenügenden Zufuhr erfahrungsweise durch den Verbrauch relativ kleiner Mengen von allgemein wirkenden Genussmitteln, so hauptsächlich Alkohol, ferner Kaffee und ähnliche Substanzen, wozu auch der Tabak gerechnet werden muss, bewirkt werden.

Selbstverständlich sollen Truppen nur in unvermeidlichen Fällen und nicht wiederholt in kürzeren Fristen einem solchen Mangel ausgesetzt sein, wenn nicht einerseits deren Leistungslust, andererseits deren Körperzustand und somit ihr Arbeitsvermögen leiden soll. Man muss sich eben hierbei an maassgebender Stelle bewusst sein, dass der eiserne Bestand keine Nahrung sondern nur ein Nothbehelf ist. Aus welchen Stoffen und aus wieviel derselben am zweckmässigsten der Nothproviant, als welchen man den sog. eisernen Bestand meist ansieht, zusammengesetzt wird, dürfte nach den Gewohnheiten und der Lebensart der Mannschaften, namentlich aber nach den äusseren Umständen, unter welchen sich die Truppen befinden können (Klima, Jahreszeit u. s. w.), verschieden sein. In diesem Sinne würde es nach den Angaben Voit's (a. a. O.) genügen können, entweder

die für eine einzige Mahlzeit des Erwachsenen treffenden Nährstoffmengen, also etwa 56 Grm. Eiweiss, 100 Grm. Fett und 122 Grm. Kohlehydrate im Tage, in Form verschiedener wasserarmer Conserven zu dem „eisernen Bestande" zusammenzustellen, oder selbst — ähnlich den Gemsenjägern Graubündtens, die auf beschwerlichen Streifzügen im Hochgebirge meist nur Speck und Branntwein mitnehmen, oder den Eingeborenen Südamerikas, welche, wie man erzählt, auf den Zügen durch die Pampas u. s. w. Coca-Blätter kauen, statt Speisen geniessen — noch weniger Nahrungsstoffe, aber unter Zusatz eines Genussmittels dafür zu verwenden, welches hier aber nicht, wie Voit meinte, durch seinen Wohlgeschmack sondern durch allgemein erregende Eigenschaften (s. auch den 1. Abschnitt S. 90) zu wirken hat.

3. Ernährung in Gefängnissen und Arbeitshäusern.[1])

Die Bevölkerung in den Gefangenenanstalten und den diesen ähnlichen Arbeitshäusern ist, soweit dies hier in Betracht kommt, im Allgemeinen einmal nach dem Geschlechte, dann nach den Arbeiten, die in den Anstalten ausgeführt werden, und endlich nach der Dauer der Haft zu unterscheiden. Als allgemeiner Grundsatz für die Behandlung der in verschiedener Haft (Untersuchungs-, Strafhaft, Arbeitsdetention u. s. w.) befindlichen Personen darf wohl gelten, dass diese in der Hauptsache wohl der Freiheit ihrer Handlungen beraubt, dagegen nicht an ihrem Körper oder ihrer Gesundheit geschädigt werden sollen, soweit das bei den Zwecken und den nothwendigen Einrichtungen der Gefangenenanstalten, sowie der mit der Haft verbundenen Lebensweise der Gefangenen möglich ist.[2])

Es zeigt nun bekanntlich die Erfahrung, dass hier Krankheiten einzeln oder gehäuft vorkommen, deren Auftreten nach allgemeiner Meinung direct (z. B. Darmerkrankungen, Scorbut und ähnliche), oder indirect (z. B. Scrophulose, Phthise) mit einer irrationellen Ernährung in Verband stehen, und welche in der That durch Besserung der Verpflegung mehr oder weniger zum Weichen gebracht werden können.[3])

Offenbar handelt es sich in den genannten Anstalten — von

1) Voit, Zeitschr. f. Biologie. 12. Bd. S. 32. 1876. — Schuster, Untersuchung der Kost in zwei Gefängnissen. München 1877.

2) Vgl. den Abschnitt „Gefängnisse" in diesem Buche.

3) S. bes. Wald, Die Skorbutepidemie in der Strafanstalt Waltenburg. Casper's Vierteljahrsschr. XI. Bd. S. 46. 1857. — Bär, Die Gefängnisse etc. Berlin 1871. — Felix, Deut. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. 3. S. 111. 1871. — Bär, Ebendaselbst. Bd. 8. S. 601. 1876.

einigen besonderen Einrichtungen abgesehen — um die Ernährung von Personen, deren Leistungsfähigkeit oder Arbeitsvermögen in der Regel nur in relativ geringem Maasse in Anspruch genommen wird. Der Zweck der Ernährung ist daher bei diesen nicht wie bei den Soldaten oder Handarbeitern, einen muskelreichen Körperzustand herzustellen oder zu erhalten, sondern es kann nur die Aufgabe sein, die Inwohner der vorliegenden Anstalten unter Vermeidung alles Ueberflüssigen zum Mindesten so zu ernähren, dass durch die Art der Mundverpflegung deren Körper keinen bleibenden Nachtheil erfahre, und deren Gesundheit und Leben namentlich auch bei längerer Haft nicht in Gefahr gebracht werde. Hierzu ist nöthig, dass durchschnittlich auf einen Tag jedem Einzelindividuum ein bestimmtes Minimum der Nahrungsstoffe in einer geeigneten Form und Mischung zur Verfügung gestellt ist.

Das Minimum der verbrennlichen Nahrungsstoffe, welches zu diesem Zwecke in verschiedenen Speisen von einem nicht arbeitenden Menschen von geringer Muskelentwicklung zu seiner Erhaltung verzehrt werden muss, lässt sich bekanntlich nicht mit Sicherheit angeben; indess kann man aus früher angegebenen Gründen die hier nöthige Fettzufuhr aus der Fettzersetzung, die in einem schwächlichen Körper bei Ruhe statt hat, einigermaassen berechnen, während das Minimum der Eiweisszufuhr auf weiterem Umwege zu erheben ist. Es existirt nun meines Wissens bisher eine einzige Beobachtung, welche eine solche Berechnung gestattet. In den Untersuchungen Pettenkofer's und Voit's über den Stoffverbrauch des normalen Menschen[1]) wurde auch der Gesammtverbrauch bestimmt bei einem schwächlichen, aber sonst gesunden Individuum von 53 Kilogramm Körpergewicht. Dieses zersetzte — berechnet nach der Kohlenstoff- und Stickstoffausscheidung — bei mittlerer Kost in 24 Stunden 137 Grm. Eiweiss und 352 Grm. Kohlehydrate, aber dabei kein Fett mehr, während ein kräftiger, 70 Kgrm. schwerer Mann unter gleichen Umständen neben derselben Menge von Eiweiss und Kohlehydraten noch 72 Grm. Fett zerstörte. Nimmt man, geleitet von den früheren Auseinandersetzungen (S. 382, Anm.), 240 Grm. Kohlehydrate äquivalent an 100 Grm. Fett, und, was des hohen Eiweissumsatzes halber in Rechnung gebracht werden muss, den Wirkungswerth des zersetzten Eiweisses auf den Fettzerfall im Verhältnisse von 100 Grm. Eiweiss zu 50—52 Grm. Fett[2]), so würden im Ganzen durch das schwächliche Individuum, als Fett berechnet, etwa verbraucht worden sein:

1) Pettenkofer und Voit, Zeitschr. f. Biologie. 2. Bd. S. 512. 1867.

2) Eine Anzahl von Beobachtungen (s. den Abschnitt Ernährung) sprechen

In 137 Grm. Eiweiss	. . . .	70
In 352 Grm. Kohlehydraten	.	147
	In Summa	217 Grm.

Nun ist es selbstverständlich nicht nöthig, im Tage eine so grosse Eiweissmenge zuzuführen als hier verbraucht wurde; da ein Gefangener, welcher nicht oder nur wenig Arbeit leistet, wie erwähnt, nicht unter Aufwand einer reichlichen Eiweisszersetzung einen muskelstarken Körper zu erhalten hat, so genügt für ihn eine geringere Quantität, als die hier angegebene beträgt. In seinen Organen muss natürlich so viel Eiweiss zerfallen, als zur Bildung einer hinreichenden Menge der stickstoffhaltigen Substanzen, wie Fermente u. s. w., welche bestimmte Functionen in den verschiedenen Körpertheilen ausüben und dabei weiter zersetzt werden, erforderlich ist, und es muss eben — neben den stickstofffreien Nahrungsstoffen — noch so viel zugeführt werden, dass bei länger dauernder Darreichung früher oder später ein Zeitpunkt eintritt, bei welchem auch der eiweissarme Körper eines Gefangenen auf die Dauer nicht mehr an Eiweiss verarmt. Nun ist die hierzu nöthige Minimalmenge allerdings nicht bekannt; wenigstens liegen meines Wissens keine Versuche oder Beobachtungen über die Eiweisszersetzung im menschlichen Körper während längerer Zufuhr geringer Eiweissmengen vor, aus welchen der Minimalbedarf für eine Person von schwächlicher Constitution mit Sicherheit berechnet werden könnte. Man ist in dieser Beziehung daher wie in früheren Fällen auf die Beobachtungen über den Verbrauch von Menschen angewiesen, welche ohne besondere körperliche Leistungen auszuführen in der Wahl ihrer Nahrungsweise mehr oder weniger frei sind. Gestützt auf einige von mir ausgeführte Bestimmungen[1]) der Nahrung, welche in ärmlichen Verhältnissen lebende Personen im Mittel täglich zu sich nehmen, glaubt Voit, dass für nicht arbeitende Gefangene männlichen Geschlechtes nicht wohl unter eine durchschnittliche Zufuhr von 85 Grm. Eiweiss im Tage gegangen werden dürfe. Da diese Eiweissquantität bei ihrem Zerfalle im Körper im Maximum etwa dem Wirkungswerthe von 44 Grm. Fett gleichkäme, so wäre zur Deckung der oben erwähnten 217 Grm. Fett noch eine Zufuhr von 173 Grm. des letzteren erforderlich. Statt des Fettes

dafür, dass das Eiweissmolekül bei seinem Zerfalle im Körper zunächst in einen stickstoffhaltigen und stickstofffreien Antheil gespalten wird. Welchen Wirkungswerth auf die Fettzersetzung letzterer ausübt, ist nicht genügend bekannt; er scheint sich in dieser Beziehung, während er im Maximum die Hälfte des Eiweissmoleküles betragen kann, ähnlich dem Fette oder den höheren Fettsäuren zu verhalten.

1) Untersuchung der Kost etc. S. 186. München 1877. 2) A. a. O. S. 35.

allein werden aber selbstverständlich neben diesem Kohlehydrate verbraucht; nimmt man, in Uebereinstimmung mit Voit, diese beiden Substanzen in dem Verhältnisse von 1 zu 9, so müssten in der täglichen Nahrung etwa 35 Grm. Fett und 330 Grm. Kohlehydrate enthalten sein.

Für einen nicht arbeitenden Gefangenen von schwächlichem, beziehungsweise eiweissarmem Körper würde sich hiernach als durchschnittliche Minimalzufuhr auf einen Tag berechnen:

85 Grm. Eiweiss
35 Grm. Fett
330 Grm. Kohlehydrate.

Dies gilt jedoch nur für eine Kost, welche aus thierischen und vegetabilischen Speisen in zweckmässiger Weise gemischt ist, da wenigstens in dem zu der Berechnung benützten Falle relativ viele der gut ausnützbaren Nahrungsmittel, wie Fleisch u. s. w., zur Verwendung kamen.

Voit (a. a. O.) glaubt, indem er als Maass den wirklich beobachteten täglichen Nahrungsverbrauch älterer Personen weiblichen Geschlechtes nimmt, als niedersten Kostsatz im Tage für einen nicht arbeitenden Gefangenen annehmen zu dürfen:

85 Grm. Eiweiss
30 Grm. Fett
300 Grm. Kohlehydrate,

Zahlen, welche mit den oben berechneten, sowie mit den durch Playfair, Böhm u. A. gefundenen Werthen[1]) nahe genug übereinkommen, in Bezug auf das Eiweiss allerdings diese sowohl wie die von Flügge[2]) beobachteten mittleren Quantitäten etwas überschreiten.

Arbeitende Gefangene oder die Inwohner der Arbeitshäuser etc. bedürfen selbstverständlich mehr Fette oder Kohlehydrate. Ist hier die Arbeitsintensität wie die Arbeitsdauer beschränkt (siehe Abschnitt „Gefängnisse“), so dürfte im Allgemeinen für je eine Arbeitsstunde eine Erhöhung um etwa die Hälfte derjenigen Fett-, beziehungsweise Kohlehydratmenge, welche der leistungsfähige Arbeiter oder Soldat während der Muskelanstrengung mehr bedarf, also ungefähr um 4 Grm. Fett (oder etwa 10 Grm. Kohlehydrate) genügend sein. Gefangene, die schwere Arbeit verrichten, haben eine der schwereren Arbeit entsprechende reichlichere Zufuhr (s. Ernährung der Soldaten) nöthig.

Was die weiblichen Gefangenen anlangt, so ist, da als Grundlage für die Berechnung des Minimalbedürfnisses der Verbrauch eines schwächlichen Individuums von nur wenig über 50 Kilo Körperge-

1) S. den 1. Abschnitt dieses Buches. S. 123.
2) Flügge, Beiträge zur Hygiene, a. a. O.

wicht, also etwa von dem mittleren Körpergewichte des Weibes, oder die durchschnittliche Nahrungsmenge von Frauen, die in ärmlichen Verhältnissen leben, genommen wurde, kein besonderer Grund vorhanden, bei deren Ernährung unter die oben berechneten Summen der Nahrungsstoffe zu gehen; höchstens könnte, eine zweckmässige Mischung der Nahrungsmittel oder Speisen vorausgesetzt, die mittlere Eiweissmenge um einige Grammen erniedrigt werden.

Es ist bemerkenswerth, dass in den täglichen Kostrationen, welche für die Inwohner von Gefangenenanstalten u. s. w. bestimmt sind, einem Individuum meist mehr Nahrungsstoffe gereicht werden, als den obigen Minimalzahlen entspricht. Dies geht insbesondere aus einer Tabelle hervor, die von Dr. Meinert[1]) nach den Angaben von Beneke[2]), Playfair[3]), Bär[4]), Schuster[5]), Hofmann[6]), Flügge[7]) und Anderen und nach seinen eigenen Erhebungen und Berechnungen zusammengestellt ist und der zum Theile die folgenden Durchschnittszahlen entnommen sind:

	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	
Sächsisches Zuchthaus Waldheim	106	15	600	*Hofmann*
Preussische Strafanstalten	109—127	29—35	574—663	*Schuster*
Zellengefängniss Bruchsal	121	27	600	*Schuster (Gutsch)*
Bayrische Strafanstalten	104—112	16—38	521—585	*Schuster*
Belgisches Zellengefängniss Louvain	109	28	602	*Meinert*[8])
Strafanstalt Garsten in Steiermark	108	51	506	
Englische Gefängnisse, leichte Arbeit	95—100	16—19	502	*Beneke*
Englische Gefängnisse, harte Arbeit	86—117	4—9	513—537	*Playfair*
Indische etc. Gefangenenanstalten	68—114	440—770		*Playfair*
Italienische Gefangenenanstalten	70—175	20—40	450—470	*Uffelmann*[9])
Russische Strafanstalten	129—157	—	608—752	*Gollert*
Städt. Arbeitsanstalt Brandenburg a/H.	97	28	561	*Richter*[10])
Städt. Arbeitshaus Halle a/S.	121	35	599	*Drenkmann*[10])

1) Meinert, Armee- und Volksernährung. I. Bd. S. 120.
2) Beneke, Archiv für physiol. Heilkunde. 12. Jahrgang. 1853.
3) Playfair, New Philos. Journ. Vol. 56. 4) Bär, Die Gefängnisse etc. a. a. O.
5) Schuster, Untersuchung der Kost in 2 Gefängnissen. München 1877.
6) Hofmann, Die Fleischnahrung (s. auch bei Schuster) 1880.
7) Flügge, Beiträge zur Hygiene. S. 106.
8) Meinert, a. a. O. II. Bd. S. 17 u. ff.
9) Uffelmann, Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. 11. Bd. S. 596. 1879.
10) Forster, Ueb. die Kost in Armen- u. Arbeitshäusern. S. 196 u. ff. Münch. 1877.

Vergleicht man die hier angegebenen Nahrungswerthe, welche zufolge der Kostreglements oder nach directen Erhebungen an Gefangene der verschiedensten Art oder an Arbeitshäusler[1]) gereicht werden, mit den Zahlen, welche oben berechnet wurden, so kann es kaum einem Zweifel unterliegen, dass letztere in der That das durchschnittliche tägliche Minimalbedürfniss an Nahrungsstoffen für einen nicht arbeitenden Gefangenen u. s. w. darstellen.

Aus dem Vergleiche könnte man jedoch ferner schliessen wollen, dass die Verpflegungsrationen der in Haft oder Detention gehaltenen Individuen im Allgemeinen zufriedenstellend, wenn nicht sogar reichlich bemessen seien. Das ist jedoch hieraus keineswegs zu entnehmen, wie das schon aus den früher citirten Erfahrungen Schuster's[2]) über die Ausnützung der Kost in zwei Münchener Gefängnissen hervorgeht. In der That ist trotz der anscheinend reichlichen Zufuhr von Nahrungsstoffen, wie sie oben gefunden werden kann, die Beköstigung in Strafanstalten u. s. w. häufig, um nicht zu sagen, meist nichts weniger als rationell.

Bei der Ernährung kommt bekanntlich neben der Menge der Nahrungsstoffe, wie an dieser Stelle nicht mehr weiter auseinanderzusetzen ist, die Qualität der Nahrungsmittel, beziehungsweise der Speisen, namentlich mit Rücksicht auf ihr Verhalten im menschlichen Darme, besonders in Betracht, und zwar natürlicherweise umsomehr, je mehr die in den Tagesrationen enthaltene Menge der Nahrungsstoffe sich dem durchschnittlichen Minimalbedürfnisse eines Menschen annähert.

Werden nun, wie das vielfach der Fall war und theilweise (s. die hohen Zahlen der Kohlehydrate in der Tabelle) noch ist, ihres billigen Preises halber fast ausschliesslich Vegetabilien in der Gefangenenkost verbraucht, in welchen mehrere Bedingungen einer schlechten Ausnützung vereint sind, so z. B. rauhe Brodarten, oder welche eiweissarm sind wie Kartoffeln u. s. w., so erklärt sich, warum die Erkrankungen, welche man mit einer mangelhaften oder kümmerlichen Ernährungsweise in Verbindung gebracht hat, trotz anscheinend reichlicher Zufuhr von Nahrungsstoffen in den Gefängnissen nicht selten zur Beobachtung gelangten.[3]) Der Verbrauch solcher Nahrungsmittel führt, um hier nur zwei Nachtheile hervorzuheben, erstens dazu, dass von den in den letzteren enthaltenen Nahrungs-

---

1) Die Arbeitshäuser dienen häufig dazu, um Obdachlose etc. zu beherbergen und für einige Zeit unter Aufsicht oder in Detention zu beschäftigen.

2) Schuster, a. a. O.; s. auch den Abschnitt „Ernährung“ in diesem Buche.

3) Bär, Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. 8. Bd. S. 601. 1876.

stoffen nur ein Bruchtheil im Darme resorbirt wird, also zur Ernährung dienen kann, während der andere Theil unbenützt in den Excrementen entleert wird. Aus einzelnen Beobachtungen von G. Meyer, Fr. Hofmann, A. Schuster, Rubner und Flügge, deren Bedeutung früher näher besprochen wurde, geht hervor, dass bei dem Genusse rauher vegetabilischer Kost insbesondere die in den Speisen enthaltenen Eiweissstoffe wahrscheinlich bis zur Hälfte unverdaut oder ohne hinreichend resorbirt zu werden, den Darm durchwandern können. Auf diese Weise wird eine so beschaffene Kost kümmerlich und ungenügend, wenn auch deren Nährstoffgehalt weit mehr betragen kann, als dem Minimalbedarfe der Organe (zur Erhaltung eines genügenden stofflichen Bestandes, zur Production der Fermente u. s. w.) entspricht. Ein zweiter Nachtheil rauher vegetabilischer Kost ist, dass die sie bildenden Speisen meist ein grosses Volum besitzen, nach ihrer Aufnahme durch den Mund relativ lange im Darme verweilen, desshalb bei dauerndem Gebrauche zu einer anhaltenden Ueberfüllung des Verdauungstractus mit mancherlei üblen Folgen führen und ausserdem hier noch mechanisch u.s.w. reizen. Das leitet wiederum, wie aus verschiedenen Beobachtungen zu entnehmen ist, einerseits zu weiterer Verschlechterung der Ausnützung, andererseits aber allmählich zu wirklichen Functionsstörungen und schliesslich zu krankhaften Veränderungen im Darme, welche namentlich in ihrem Beginne nur durch den sachkundigen Arzt zu erkennen sind.

Zu diesen Nachtheilen der groben Pflanzenkost kommt noch hinzu, dass diese nur bei sehr sorgfältiger Zubereitung dauernd geniessbar ist und kaum die dem Menschen nöthige Abwechslung bietet. In der That wurde auch dieser Umstand, wie Voit (a. a. O.) betont, bei der Gefangenenkost bisher selten in dem Maasse beachtet, als nöthig gewesen wäre.

Die genannten Eigenschaften der aus groben, eiweissarmen Vegetabilien bereiteten, wenig animalische Substanzen enthaltenden, monotonen und reizlosen Sträflingskost sind zweifellos als die Ursache des von Bär[1]) geschilderten „Abgegessenseins“ und des Ekels vor der Speiseaufnahme zu betrachten, Erscheinungen, welche bei den Inwohnern von Gefangenenanstalten nach kürzerer oder längerer Haft nicht selten beobachtet werden können und welche in kürzerer oder längerer Zeit zunächst Dyspepsien und später — unter fortschreitendem Verfalle des Körpers — Allgemeinerkrankungen zur Folge haben, trotzdem in den gereichten Tagesportionen eine zur

1) Bär, Die Gefängnisse etc. a. a. O.

Erhaltung des Menschen anscheinend genügende Menge der Nahrungsstoffe enthalten sein kann.

Behält man dieses Verhalten im Auge, so erklären sich manche Erfahrungen aus dem Gefängnissleben.[1]) So ist es z. B. hiernach begreiflich, dass, wie Lindner[2]) mittheilt, Darmerkrankungen, welche unter den am Nieder-Oder-Bruche bei Zehden verwendeten Strafarbeitern herrschten, durch die beabsichtigte Verbesserung der Kost — Zufügung grösserer Mengen von Brod, Kartoffeln oder Leguminosen zu den ohnehin reichlichen Morgen- und Abendsuppen — nicht vermindert, sondern noch gesteigert wurden, da eben eine so voluminöse Kost wohl von einem kräftigen und leistungsfähigen Körper noch einigermaassen, nicht aber von schwächlichen und herabgekommenen Individuen ertragen werden kann. Auch nach den Erfahrungen Wald's[3]) genügte zur Unterdrückung des Skorbuts in der Strafanstalt zu Waltenburg nicht der Zusatz von eiweissreichen Leguminosen zu den reichlichen Mengen von Roggenbrod und den Mehlsuppen der Sträflinge, sondern allein der Ersatz der voluminösen und groben Pflanzenkost durch Milch, Fleisch, feineres Brod und Reis, also durch Substanzen, die wirklich verdaut werden können. Nach den Mittheilungen von Felix[4]) wird in den Gefängnissen zu Bucharest Skorbut nicht beobachtet, wenn die Arrestanten neben 1100 Grm. Brod im Tage drei- bis fünfmal in der Woche 200 Grm. Fleisch erhalten, wohl aber in der lange dauernden Fastenzeit, wo statt des Fleisches reichlich Leguminosen und Gemüse gereicht werden. Unter der freien Bevölkerung, welche während der Fastenzeit neben Leguminosen u. s. w. die nicht voluminösen Fette verzehren kann, tritt der Skorbut nur in seltenen Fällen auf. Offenbar hat man es hier nicht mit einem Mangel der Nährstoffe in der Zufuhr, sondern mit einer Wirkung der Qualität der selbst im Ueberschusse gereichten Speisen zu thun.

Bei der Kost in Gefangenenanstalten ist quantitativ sowohl wie in Bezug auf die Qualität derselben, beziehungsweise der sie zusammensetzenden Nahrungsmittel zu individualisiren; es ist[5]) gerechte und billige Rücksicht auf den jeweiligen Gesundheitszustand der Ver-

1) Fr. Hofmann, Die Fleischnahrung und die Fleischconserven. Leipzig 1880.

2) Lindner, Casper's Vierteljahrschrift für gerichtl. Medicin. 19. Bd. S. 105. 1861.

3) Wald, Ebendaselbst. 11. Bd. S. 45. 1857.

4) Felix, Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege. 3. Bd. S. 111. 1871.

5) Bär, Ebendaselbst. 8. Bd. S. 630. 1876.

hafteten, auf den nach Alter, Geschlecht, Arbeit, Strafzeit u. dergl. verschiedenen Nahrungsbedarf zu nehmen. Insbesondere müssen, wie auch Voit [1]) bemerkt, wenn die ersten Krankheitserscheinungen in Folge von nicht zweckmässiger Ernährung z. B. Widerwillen gegen Speisen, Aufstossen, Diarrhöen u. s. w. auftreten, leicht ausnützbare Nahrungsmittel, namentlich Fleisch und Milch gereicht werden.

Dies geschieht nach Bär zweckmässig durch eine Zusatz- oder Extrakost, welche nach Bedarf auf Anordnung des Gefängnissarztes an die bereits geschwächten Einzelindividuen auszutheilen ist. Mit Recht macht jedoch Hofmann [2]) darauf aufmerksam, dass — von wenigen Fällen abgesehen — in der Praxis eine rationelle Individualisirung und ein rechtzeitiges Eingreifen mit grossen Schwierigkeiten verknüpft ist. Das Streben muss sonach sein, für gewöhnlich in den Gefangenenanstalten u. s. w., wenn man nicht, namentlich bei längerer Haft, noch Strafe an Gesundheit und Leben üben will, eine Verpflegung, die hier ohne Gefahren für den Körper der zu Ernährenden kaum durchzuführen ist, überhaupt möglichst zu vermeiden. Da bei einer Beköstigung, in welcher gut ausnützbare Lebensmittel pflanzlicher und thierischer Abstammung die Grundlage bilden, die Menge der durchschnittlich im Tage zu liefernden Nahrungsstoffe niedriger sein kann, als bei reiner und speciell gröberer Pflanzennahrung, und da ferner in der neueren Zeit die Production und allgemeinere Anwendung relativ billiger animalischer Nahrungsmittel (z. B. der Molkereiproducte, gewisser Fleischconserven wie der Fleischmehle, von Fischen u. s. w.) mehr und mehr angestrebt wird, so ist nicht mehr zu zweifeln, dass — unter Berücksichtigung der im 1. Abschnitte dieses Werkes besprochenen Eigenschaften und Preise der Lebensmittel — eine rationelle, d. h. die Gesundheit der Insassen nicht schädigende Ernährungsweise in Gefangenenanstalten und Arbeitshäusern auch ohne übermässigen Kostenaufwand [2]) möglich ist.

Die Strafhaft wird bekanntlich bisweilen durch eine Verurtheilung zu Wasser und Brod verschärft. Dass hierbei eine wirkliche Ernährung nicht möglich ist, braucht wohl keiner weiteren Ausführung. Die Verurtheilung zu Wasser und Brod — selbst wenn letzteres in verschiedeneu Sorten gereicht werden sollte — charakterisirt sich, da die für die Ernährung nöthige Nährstoffmenge nicht

---

1) A. a. O. S. 72.

2) Vgl. Hofmann, Fleischnahrung und Fleischconserven. 1880.

längere Zeit hindurch in Form einer einzigen Speise verzehrt werden kann, als eine theilweise Nahrungsentziehung, die bei einiger Dauer — langsamer bei vorher gut genährten Personen, rascher bei schwächlichen oder herabgekommenen Individuen — Veranlassung zu nachtheiligen Folgen geben muss. Es genügt in dieser Beziehung an die bekannten Versuche von William Stark (1789) zu erinnern; dieser konnte, als er in freier Wahl 42 Tage lang allein Brod verzehrte, als Maximum im Tage nur etwa 850 Grm. (als Minimum circa 560 Grm.) Brod zu sich nehmen, verlor aber in dieser Zeit beträchtlich von seinem Körpergewicht, während seine Kräfte bedeutend verfielen.

Bekanntlich ist die Meinung vielfach verbreitet, dass durch eine rationelle Verpflegung in Gefängnissen und Arbeitshäusern nichtsnutzige Menschen in solche Anstalten angelockt werden. Damit würde einerseits der praktische Zweck der letzteren vereitelt und andererseits die Kosten der Verpflegung gesteigert.

Man kann wohl kaum zweifeln [1]), dass ein solcher Zudrang zu Gefängnissen u. s. w. im Allgemeinen nur von Seite körperlich und moralisch verderbter Individuen zu erwarten ist, und dass überhaupt die Thatsache eines merkbaren Andranges zu den genannten Anstalten von der Existenz eines unerträglichen ökonomischen und moralischen Nothzustandes unter der Bevölkerung ausserhalb der Anstalten zeugen würde. Gegen den Zudrang einzelner Verkommener schützt aber selbst in denjenigen Anstalten, in welchen er noch am ehesten zu erwarten ist, nämlich in Arbeitshäusern, eine strenge und gerechte Zucht und Disciplin eben so viel oder mehr, als eine schlechte Verpflegung und ungenügende Kost, welche Gesundheit und Leben gefährdet. In der That machte Graf Lippe [2]) die Erfahrung, dass nach der Einführung einer besseren Kost, im Vereine mit strengerer Zucht, die Bevölkerung des Armenhauses zu Gelenau fast ausschliesslich aus Personen bestand, deren Anspruchsrecht auf die Unterstützung der Gemeinde nicht bezweifelt werden konnte.

4. Ernährung in Armen- und Versorgungsanstalten.

An die Ernährungsweise in Gefängnissen schliesst sich die Beköstigung in Armen- und Versorgungsanstalten unmittelbar an. Unter

1) Siehe die Ausführungen in Bär's Buche: Die Gefängnisse u. s. w.
2) Die rationelle Ernährung des Volkes. Leipzig 1866.

letzteren sind Einrichtungen zu verstehen, in welchen unbemittelte, durch Körpergebrechen und namentlich durch Alter arbeits- und erwerbsunfähige Personen versorgt und verpflegt werden, und welche an verschiedenen Orten nach Art, Geschlecht, Alter u. s. w. der Inwohner verschiedene Bezeichnungen tragen.

Für die Ernährung der nicht arbeitenden, beziehungsweise betagten Inquilinen solcher Anstalten können neben den sonstigen allgemeinen Anforderungen an die Kost, wie namentlich dauernde Geniessbarkeit (Schmackhaftigkeit, Abwechslung der Speisen) u. s. w. einige specielle Gesichtspunkte — als Richtschnur in quantitativer und qualitativer Beziehung — hervorgehoben werden.

Was zuerst die Quantität der Nahrungsstoffe anlangt, so ist daran zu erinnern, dass im Allgemeinen aus physiologischen Gründen mit dem Greisenalter ansteigend die Functionsfähigkeit der Organe abnimmt, die Ermüdung bei deren Thätigkeit leichter und rascher eintritt und somit die Leistung und mit ihr, wie bekannt, auch die Masse derselben allmählich schwindet. Es ist daher natürlich, dass wie auch Quetelet's Zahlen zeigen, das Körpergewicht älterer Personen beider Geschlechter im Allgemeinen niedriger ist als das von Menschen, welche in mittlerem Lebensalter oder gar in der Vollkraft ihres Lebens stehen. Daraus geht schon hervor, dass ältere Individuen, ähnlich schwächlichen Menschen, die keine schwere Arbeit verrichten oder keine Anstrengungen aushalten, einer geringeren Nahrungszufuhr bedürfen, als die beträgt, welche als Bedürfniss für den erwachsenen Menschen mit mittlerer Thätigkeit berechnet werden muss. Mit dem Schwinden der Kräfte und der Leistungen sinkt der Fettumsatz im Körper und damit der Bedarf an stickstofffreien Nahrungsstoffen, während zur Erhaltung der abnehmenden Körper-, beziehungsweise Eiweissmasse weniger stickstoffhaltiges Material zugeführt werden muss, als ein muskelreicher Organismus erfordert. In der That ist auch bereits seit den Untersuchungen von Andral und Gavarret bekannt, dass Menschen von 60—80 Jahren und darüber weniger Kohlensäure in gleicher Zeit ausscheiden als Menschen von mittlerem Lebensalter.

Aber die verminderte Arbeitsleistung und die Abnahme der Organmasse im Greisenalter darf nicht als die alleinige Ursache eines geringeren Nahrungsbedürfnisses Betagter angesehen werden. Mit der Leistungsfähigkeit der Organe sinkt hierbei auch, um allgemein zu sprechen, das Niveau des Erregungszustandes, beziehungsweise der Fähigkeit des greisen Körpers, erregt zu werden. Damit aber müssen die chemischen Vorgänge in den Organen, die durch die

Erregungen der nervösen Apparate u. s. w. veranlasst werden, in ihrer Intensität abnehmen. Viele Beobachtungen, welche allerdings noch durch mehr in die quantitativen Verhältnisse eingehende Untersuchungen erweitert werden müssen, zeigen in der That, dass ähnlich wie in den jugendlichen Zellen die Bedingungen für die Zersetzungen organischer Stoffe reichlicher vorhanden sind als in der Zellsubstanz oder dem Protoplasma des erwachsenen Körpers, so in den Zellen älterer Organismen die chemische Thätigkeit eine Abnahme zeigt. So scheint bei älteren Thieren, um an einiges hierher wesentlich Gehörige zu erinnern, unter sonst gleichen Umständen das sog. Stickstoffgleichgewicht bei der Aufnahme einer relativ kleineren Quantität von Eiweiss, neben den stickstofffreien Stoffen, einzutreten, als bei jugendlichen Organismen; so ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Kohlensäureausscheidung bei Greisen nicht blos absolut, sondern auch — unter sonst gleichen Verhältnissen und Zuständen — relativ niedriger ist als bei nicht betagten Personen. Bei den Versuchen und Untersuchungen über den Gesammtstoffwechsel im Thierkörper, auf welchen es hier ankommt, ist indess auf den Einfluss des Greisenalters bisher nicht soviel Rücksicht genommen worden, um bestimmte Zahlenangaben machen zu können.

Im Allgemeinen kann sonach mit Sicherheit behauptet werden, dass die Quantität der Nahrungsstoffe, welche zur Erhaltung des Lebens bereits betagter Menschen verbraucht werden muss, geringer sein kann als die, welche muskelthätigen Menschen, und wahrscheinlich auch kleiner als die, welche nicht arbeitende Personen im Mannesalter zum gleichen Zwecke bedürfen.

Da nun keine Untersuchungen über den Gesammtstoffverbrauch greiser Individuen vorliegen, so ist man, um zur Zusammenstellung einer für diese bestimmten Kost zu gelangen, auf die Durchschnittsnahrung nicht arbeitender Menschen überhaupt, welche früher für unthätige Gefangene berechnet wurde, angewiesen. Gebraucht man diese als Vergleichsmaass, so darf man nach obigen Betrachtungen annehmen, dass mit der täglichen Darreichung von 85 Grm. Eiweiss, 35 Grm. Fett und 330 Grm. Kohlehydraten (im Durchschnitte berechnet), sofern diese nicht in ungünstiger Beschaffenheit benützt werden müssen, eine Nahrung gegeben wird, welche in quantitativer Hinsicht zur Erhaltung der Inwohner von Armen- und Altersversorgungshäusern für völlig hinreichend erachtet werden muss.

In neuerer Zeit sind nun manche Beobachtungen über die Ernährung in solchen Anstalten und Berechnungen über die Menge der

Nahrungsstoffe gemacht, welche in der Kost den Bewohnern derselben zur Verfügung gestellt sind. Es erhalten beispielsweise die Inquilinen in den nachstehenden Armen- und Altersversorgungshäusern für den Kopf im Tage, berechnet aus den wöchentlichen Verpflegungstabellen oder aus mehrtägigen Bestimmungen der täglichen Kost, ungefähr folgende Mengen verbrennlicher Nährstoffe:

	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	
1. Hackney Workhouse, London .	70	32	341	*Beneke*[1]
2. Englische Invaliden- und Versorgungsanstalten	80—120	375—500		*Playfair*[2]
3. Englische Armenhäuser mit unzureichender Verpflegung . .	60—80	360—470		„
4. Versorgungsanstalt Gelenau. .	87	28	400	*Graf Lippe*[3]
5. Pfründnerinnen (alte Frauen) München:				
a) etatmässige Ration . .	67	38	266	*Forster*[4]
b) Ration mit Zusatz . . .	79	49	266	„
6. Altersversorgungsanstalt (beider Geschlechter) München . . .	91	45	332	„
7. Stadtarmenhaus Schwerin . .	92	40	500	*Dr. Piper*[4]
8. Stads Armhuis Leeuwarden . .	65	15	410	*Bruinsma*[5]

Aus der Tabelle darf man wohl schliessen, dass die oben genannten Zahlen, wie auch früher (Kost in Gefängnissen) ausgeführt worden ist, unter den gewöhnlichen Verhältnissen das durchschnittliche Minimalbedürfniss älterer und arbeitsunfähiger Menschen pro die darstellen. Denn nur in wenigen Fällen bleibt die Eiweissmenge bemerkenswerth unter der Zahl von 80—85 Grm. Wo dies der Fall ist, z. B. in der Münchener Pfründnerinnenanstalt (Nr. 5), geniessen die durch private Wohlthätigkeit noch unterstützten Inwohner ausser der etatmässigen Menge der Speisen noch einen Zusatz von animalischen Substanzen, wodurch die tägliche Durchschnittmenge des verfügbaren Eiweisses und Fettes beachtenswerth erhöht wird; oder

1) Beneke, Archiv f. physiologische Heilkunde. 12. Jahrg. S. 409. 1853.

2) Playfair, Edinburgh New Philosoph. Journ. Vol. 56. etc.

3) Lippe, a. a. O.

4) Forster, Zeitschr. f. Biologie. 9. Bd. S. 401. 1873. — Derselbe, Untersuchung der Kost in Armen- und Arbeitshäusern. S. 186. Herausgegeben von Voit etc.

5) Bruinsma, Rapport Volksvoeding Friesland, blz. 302. 1877.

es ist, wie Beneke mittheilt, die Grenze erreicht, wo bereits allgemeine Ernährungsstörungen, z. B. Scorbut, zu befürchten sind. Die Menge der stickstofffreien Nährstoffe übertrifft nach der Tabelle fast durchgängig das berechnete Minimum, in einzelnen Fällen sogar nicht unerheblich.

Man könnte nun hieraus etwa schliessen, dass die Beköstigung in quantitativer Beziehung in denjenigen Anstalten, in welchen die äquivalente Summe der beiden stickstofffreien Nahrungsstoffe niedrig ist, sowie die oben berechnete Durchschnittsration unzureichend wäre. Dieser Schluss wäre indess nicht gerechtfertigt. Der gefundene Ueberschuss steht nämlich damit im Zusammenhange, dass wie bekannt in der Praxis meist die anscheinend billigsten Vegetabilien die Grundlage der Verpflegung in den vorliegenden und ähnlichen Anstalten bilden. Dies lässt sich leicht aus den Zahlen der Tabelle erkennen, indem begreiflicherweise mit dem Mangel animalischer Substanzen und dem Reichthume gröberer vegetabilischer Speisen in einer Kost eine niedrige Fettmenge und ein Ueberschuss von Kohlehydraten Hand in Hand gehen muss. In den oben genannten Rationen und einigen anderen zum Vergleiche angeführten Verpflegungsarten verhalten sich diese beiden Substanzen folgendermaassen zu einander [1])

	Fett		Kohlehydrate
Hackney Workhouse	1	zu	10,6
Versorgungsanstalt Gelenau	1	„	14,3
Pfründnerinnen München: ohne Zusatz	1	„	7,0
„ „ mit Zusatz	1	„	5,4
Altersversorgungsanstalt München	1	„	7,4
Stadtarmenhaus Schwerin	1	„	12,5
Stads Armhuis Leeuwarden	1	„	27,3
Gut genährter Arbeiter	1	„	4,4
„ alter Mann	1	„	5,1
Schlecht genährte Arbeiterfrau	1	„	14,6
Arzt	1	„	3,0
Juristenfamilie	1	„	1,8
Maximalverhältnisszahl nach Voit	1	„	9,0

Da nun im Allgemeinen die Nahrungsstoffe (dabei namentlich die Eiweissstoffe) in den vegetabilischen Speisen — besonders in den billigen und gröberen — erheblich weniger als aus den thieri-

1) Untersuchung der Kost in Armen- und Arbeitshäusern. A. a. O. S. 207 u. ff.

schen Substanzen ausgenützt werden, so erscheint der obige Ueberschuss wohl nöthig in einer irrationell zusammengesetzten Kost, ist aber hier ein unter Umständen nachtheiliger Ballast, der bei einer richtigen Auswahl der Lebensmittel innerhalb gewisser Grenzen unschwer zu vermeiden ist.

Beschränkt man sich bei der Beköstigung in den Versorgungsanstalten auf die Darreichung der Nahrungsmenge, welche nach dem Vorausgehenden die untere Grenze des Bedürfnisses älterer Personen darstellt, so versteht es sich wohl von selbst, dass sie in einer Form und Mischung genossen werden muss, welche die möglichst günstige Ausnützung derselben gestattet. Eine Nahrung, welche einige Grammen der Nährstoffe weniger enthält als jene — im Mittel täglich 76 Grm. Eiweiss, 23 Grm. Fett und 334 Grm. Kohlehydrate — aber sonst nur in Form von Vegetabilien verzehrt wurde, musste[1]) für eine im mittleren Lebensalter stehende, nur leichteste Arbeit verrichtende Frau, ihrem Gesundheitszustande nach zu urtheilen, bereits für ungenügend betrachtet werden; bei hervorragender Fleischnahrung dagegen, in welcher täglich für den Kopf nur 70 Grm. Eiweiss, aber 108 Grm. Fett und 192 Grm. Kohlehydrate, berechnet aus dem Monatsverbrauche, trafen, reichte eine aus drei Erwachsenen bestehende Beamtenfamilie völlig aus.

Wenn nun schon mit Rücksicht auf die nöthige Quantität der Nahrung eine bestimmte Qualität der diese zusammensetzenden Nahrungsmittel vorausgesetzt werden muss, so ist in letzterer Beziehung für den vorliegenden Fall der Ernährung älterer Personen noch weiteres zu beachten. Wie bereits erwähnt, verringert sich mit dem fortschreitenden Greisenalter das Leistungsvermögen der Organe und so zweifellos auch die Function der Apparate im Verdauungskanale. Dies geschieht sowohl durch die Altersveränderungen, Abnützung etc. der Gebilde (z. B. bei den Zähnen), als auch durch den raschen Eintritt der Ermüdung oder durch Verlangsamung oder Veränderung der chemischen Processe in den Organen (z. B. in der Production der Verdauungsflüssigkeiten). Aus theoretischen Gründen erscheint es sonach erforderlich, bei der Ernährung greiser Individuen in öfters wiederholten Mahlzeiten vorzüglich flüssige Speisen zu verbrauchen und den Genuss von consistenten und rauheren Substanzen zu vermeiden, welche mühsam zu verkleinern sind, unverdauliche oder irritirende Stoffe enthalten oder andere bekannte und besprochene Nachtheile darbieten. Wenn nun auch nur allgemeine

1) Forster, a. a. O.: s. in Voit, Untersuchung der Kost etc. S. 211 u. ff.

Gesichtspunkte für die Auswahl von Speisen, die vorzüglich für die Beköstigung in den Altersversorgungsanstalten zweckmässig erscheinen, aufzustellen sind, so ist es ohne Zweifel rationell, hier als die Grundlage der Mundverpflegung Milch und mit Milch bereitete Speisen und Getränke zu wählen.

Was die Ernährungsweise in anderen öffentlichen Anstalten anlangt, in welchen z. B. Personen mit gebrechlichen Sinnesorganen, aber sonst normalem Körperverhalten (Geistesschwache, Blinde, Taubstumme etc.) verpflegt werden, so richtet dieselbe sich abgesehen von dem Geschlechtsunterschiede wohl vorzüglich nach der Art und Intensität der Arbeiten, welche von solchen Personen ausgeführt werden können. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass das Nahrungsbedürfniss eines erwachsenen Individuums dieser Klasse quantitativ und qualitativ etwa in der Mitte zwischen dem Bedarfe des mittleren arbeitenden und des arbeitsunfähigen Menschen steht.

5. *Volks- und Arbeiterküchen.*[1])

Diese sind Einrichtungen, in welchen für möglichst billigen Preis an den wirthschaftlich Gesunden einzelne, zweckmässig zusammengestellte Mahlzeiten gereicht werden. Hierbei wird vorausgesetzt, dass dieselben zunächst nicht Anstalten zur Unterstützung Bedürftiger sind; vielmehr ist, wenn sie anders grösseren Nutzen schaffen sollen, ihre Aufgabe, in den Fällen und an den Orten, wo aus den verschiedensten Gründen die Zubereitung der Mahlzeiten in den Einzelnhaushaltungen grössere Kosten veranlasst, sonstige Schwierigkeiten findet oder gänzlich unmöglich erscheint, in Bezug auf diese die Stelle der Haushaltung zu vertreten. Die Errichtung von Volksküchen, welche wesentlich den sich ausserhalb ihres Hauses, beziehungsweise der Wohnung, beschäftigenden Menschen die Speisen liefern soll, eignet sich vorzüglich für grössere Städte, für industrie- und verkehrsreiche Orte oder für die Arbeiter einzelner industrieller

---

1) Voit, Zeitschr. f. Biologie. 12. Bd. S. 45. 1876 und Bericht über die 3. Versammlung des deutschen Vereins für öffentl. Gesundheitspflege. S. 44. 1876. — Derselbe, Untersuchung der Kost etc. S. 14. München 1877. — Flügge, Beiträge zur Hygiene. S. 91. Leipzig 1879. — Meinert, Armen- u. Volksernährung. II. Bd. S. 71. Berlin 1880. — Frau Lina Morgenstern, Die Berliner Volksküchen. Berlin 1870. — Vergl. auch Graf Lippe, d'Alinge und v. Schönberg, Die Armengesetzgebung des Königreichs Sachsen. Leipzig 1864 und Hildesheim Die Normaldiät. 1856.

Anlagen, namentlich dort, wo der weibliche Theil der Bevölkerung — bei den gegenwärtigen socialen Verhältnissen — nicht in dem Maasse den Aufgaben der Familie und des Hauses gerecht wird oder werden kann als das im Sinne der Entwicklung der auf den Tageserwerb angewiesenen Volkstheile nöthig oder wünschenswerth wäre. In dieser Beziehung ist eine Bemerkung in den Berichten der bayrischen Fabrikinspectoren pro 1881 (Rheinpfalz) beachtenswerth. Darin wird aufmerksam gemacht, dass die Ernährungsweise der Fabrikarbeiter fast nur in denjenigen Arbeiterfamilien zweckmässig genannt werden könne, in welchen die Frau vor ihrer Verheirathung in besser situirten Familien gedient habe; wo dies nicht der Fall gewesen, oder wo die Frau als Mädchen, zur industriellen Handarbeit gezwungen, sich keine Kenntnisse in den Aufgaben der Haushaltung aneignen konnte, sei, wie es begreiflich ist, die Beköstigung meist qualitativ, quantitativ und finanziell irrationell. Hier kann die zweckmässig — meist nach dem Associationsprincipe — eingerichtete Volksküche die Arbeiterkreise vor Schädigungen bewahren, welchen sie sonst in mannigfacher Weise ausgesetzt sind.

Sollen die Volksküchen etc. ihrer Aufgabe gerecht werden können, so muss — ganz abgesehen von den finanziellen, betrieblichen[1]) und andern hier nicht zu behandelnden Verhältnissen — die in denselben gereichte Kost in quantitativer aber namentlich auch in qualitativer Hinsicht den Verpflegungsbedürfnissen eines einigermaassen entwickelten und entwicklungsfähigen Menschen, der durch Handarbeit sein Leben unterhält, entsprechen.

Was zuerst die qualitativen Eigenschaften der Kost anlangt, so ist die Wichtigkeit derselben für die Ernährungszwecke in dem Abschnitte „Ernährung" hinlänglich besprochen worden. Gerade für die Volksküchen, von denen, wie die Erfahrung zeigt, in grösserem Maasse Gebrauch zu machen viele Bevölkerungstheile erst besonderer Anregung bedürfen, ist die richtige und kundige Auswahl der Lebensmittel, eine einfache aber sorgfältige Zubereitung und Zusammenstellung der Speisen, eine umsichtige Abwechslung in den Speisen selbst wie in der Art ihrer Zubereitung[2]), besonders aber auch die

1) Vergl. z. B. Meinert, Fliegende Volks- und Arbeiterküchen. Berlin 1882.

2) Unter geeigneten Umständen, wo nämlich an einem Orte oder in geringen Entfernungen von einander mehrere Volksküchen betrieben werden, wäre es mit Rücksicht auf diesen bekanntlich nicht unwichtigen Punkt zweckmässig, die die Speisen bereitenden Personen in einem gewissen, etwa mehrmonatlichen Turnus an den einzelnen Einrichtungen mit einander wechseln zu lassen. Ich habe nämlich die Erfahrung gemacht (s. auch eine Bemerkung bei Voit, Untersuchung

grösste Reinlichkeit und Sorgfalt in der Behandlung und selbst der Darreichungsweise derselben von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Selbstredend ist hierbei, dass in der Zubereitung und Zusammenstellung der Speisen auf die meist in localen Verhältnissen begründeten Gewohnheiten derjenigen Bevölkerungstheile Rücksicht genommen werden muss, für welche die Beköstigung in den Volksküchen etc. bestimmt ist: es genügt daher an die bereits bekannten allgemeinen Gesichtspunkte zu erinnern, während specielle Aufstellungen oder Vorschriften nur eine locale Bedeutung haben und als Küchenrecepte an dieser Stelle nicht näher aufzuführen sind.

In quantitativer Beziehung ist zunächst zu beachten, dass in den Volksküchen — wenn man die bereits am Ende des vorigen Jahrhunderts namentlich von Graf Rumford errichteten Suppenanstalten, Klosterküchen etc., wie auch neuere Anstalten ähnlicher Art, in welchen an Bedürftige und Obdachlose einzelne warme Speisen ausgetheilt werden, unberücksichtigt lässt — nicht eine Tagesnahrung, sondern einzelne Mahlzeiten und zwar vorzüglich die (gewöhnlich etwa in die Mitte der Arbeitszeit fallenden) Mittagsmahlzeiten gereicht werden. Ferner darf man annehmen, dass die Personen, welche ihre Mittagskost in den genannten Anstalten verzehren oder aus denselben beziehen, zumeist zu den verschiedenen Gruppen der Handarbeiter oder in ähnliche Categorien gehören. Die Frage, wie viel Nahrungsstoffe in den in Volksküchen zu liefernden Mahlzeiten gereicht werden sollen, lässt sich sonach näher dahin präcisiren, welche Nährstoffquantitäten in den Hauptmahlzeiten eines erwachsenen Arbeiters am zweckmässigsten enthalten sind.

Dass die Vertheilung des Speisegenusses auf verschiedene Tageszeiten überhaupt in physiologischen Verhältnissen begründet ist, wurde an einer früheren Stelle[1]) hinlänglich erörtert. Die Quantität der Speisen jedoch, beziehungsweise die Menge der Nahrungsstoffe, welche von einem Menschen am besten in der Hauptmahlzeit aufge-

---

der Kost etc. Bericht über die 3. Versammlung des Vereins für öffentl. Gesundheitspflege zu München 1875. S. 22), dass Personen, welche in Speisehäusern essen, wegen der daselbst nicht selten vorkommenden gleichförmigen Art der Speisezubereitung allmählich an Esslust einbüssen und erst bei einem zeitweisen Wechsel des Gasthauses dieselbe wieder erlangen. Dies ist besonders zu gewärtigen, wenn es sich um Menschen handelt, welche zufolge ihrer Lebensweise (z. B. bei Schreibern, bei manchen Gewerben etc.) keine grösseren körperlichen Leistungen auszuführen haben und den wohlthätigen Einfluss einer regelmässigen Muskelanstrengung entbehren.

1) Siehe den 1. Abschnitt dieses Buches „Ernährung“. S. 129 u. ff.

nommen werden, ist weniger sicher anzugeben; sie kann ohne Nachtheil innerhalb weiterer, meist von Gewohnheit und Sitte gegebener Grenzen schwanken, wenn nur ein solcher Bruchtheil der täglichen Nahrung dabei verbraucht wird, dass einerseits eine ausreichende Sättigung bewirkt, andererseits aber nicht durch eine zu grosse Speisenmasse etwa der Verdauungsapparat belästigt oder das Arbeitsvermögen und die Arbeitslust zeitlich über Gebühr beeinträchtigt wird.

Um innerhalb dieser Grenzen zu bleiben, erscheint es genügend zuzusehen, welcher Bruchtheil der täglichen Nahrung von einem unter gewöhnlichen und einfachen Verhältnissen lebenden Menschen durchschnittlich in seinen Hauptmahlzeiten verzehrt wird. Nach früheren Angaben[1]) nun beträgt eine mittlere Mittagsmahlzeit beim normalen Erwachsenen etwa 40—45 Procent der gesammten Tagesmenge an frischer und trockner Substanz sowohl wie an den einzelnen Nahrungsstoffen, wobei nur das Fett in dem warmen Mittagsessen gewöhnlich etwas reichlicher vertreten ist. Wird relativ viel Fleisch verbraucht, wie in dem von Voit[1]) mitgetheilten Falle, so ist der auf die Mittagskost treffende Procentsatz von Eiweiss begreiflicherweise höher und kann dann 50 Procent und darüber betragen, ohne dass jedoch damit ein besonderer, nachweisbarer Vor- oder Nachtheil verknüpft wäre. Den Gesammtbedarf an Nahrungsstoffen für einen ganzen Tag als bekannt voraussetzend, berechnet Voit[2]) auf Grundlage der von ihm und mir beobachteten Zahlen und im Vergleiche mit Vorschlägen von Hildesheim, dass in einer ausreichenden Mittagskost verschiedener Individuen etwa enthalten sein sollen:

	Eiweiss Grm.	Fett Grm.	Kohlehydrate Grm.
Für den erwachsenen Arbeiter	60	35	160
Für ältere Personen	40	30	85
Für Kinder von 6—15 Jahren	40	20	80

In den Mittagsportionen der bisher eingerichteten Volksküchen, welche um möglichst geringen Preis abgegeben werden, sind nun allerdings so gut bemessene, von Voit als zweckmässig angegebene Mengen der Nährstoffe, namentlich von Eiweiss und Fetten, meist

1) Siehe Abschnitt „Ernährung". S. 132.

2) Voit, Bericht der 3. Versammlung des deutschen Vereins für öffentl. Gesundheitspflege etc. S. 44.

nicht enthalten; Menschen, welche letzteres, meist aus Vegetabilien bestehendes Mittagessen geniessen, erscheinen entweder hierbei trotz ungenügender Nährstoffmengen befriedigt, indem sie durch die Aufnahme eines grossen Speisevolumes sich satt fühlen, oder sie haben die unzureichende Kost durch den Verbrauch doppelter Portionen, durch Zusätze von Brod, Käse etc. zu decken.[1]) Es ist klar, dass in diesen Fällen die Volksküche etc. ihrer eigentlichen Aufgabe nicht genügt.

Da der Tagesverbrauch des arbeitenden Menschen nach dessen Körpergrösse und Anstrengung ungleich ist, so könnte man denken, dass auch die Grösse des Verbrauches an den Hauptmahlzeiten bei verschiedenen Menschen einem Wechsel unterliegen müsse. Dies ist jedoch, wie aus früheren Auseinandersetzungen (siehe den Abschnitt „Ernährung") hervorgeht, keineswegs erforderlich oder selbst wünschenswerth. Im Gegentheil scheint es wegen der nicht unschwer erfolgenden Angewöhnung des Menschen an grössere Speisemassen nicht unangemessen, auch bei wechselndem oder steigendem Gesammt-Tagesverbrauche eine Mittagskost zu geniessen, die in Volum oder Gewicht annähernd gleichbleibt. Ist der Tagesbedarf ein grosser, wie bei harter Arbeit oder bei muskelstarken Individuen, so dürfte es zweckmässiger sein, kleinere Zwischenmahlzeiten zwischen die Arbeitsstunden einzuschalten, als die Mittagskost erheblich zu vermehren. Ist der Tagesbedarf ein geringer, so kann der Genuss der Zwischenbrode, bereits früher erwähnte Fälle ausgenommen, ohne Beschwerden unterbleiben. Der Verbrauch an den Hauptmahlzeiten bildet daher nicht stets den gleichen Procentsatz der Tagesnahrung. In der That werden von stark arbeitenden Menschen[2]) nicht 40 bis 50 Procent, sondern nur etwas mehr als ein Drittel der täglichen Kost des Mittags aufgenommen.

Selbstverständlich ist bei den Zahlenaufstellungen für die Mittagskost, soweit es die Nahrungsstoffe betrifft, nur von mittleren Werthen die Rede. Ebenso wie in Wirklichkeit der Nährstoffverbrauch an einzelnen Tagen von dem berechneten Mittel, ohne dass ein Nachtheil dabei wäre, erheblich abweichen kann, ist es an sich nicht als unzweckmässig zu bezeichnen, ja es kann unter Umstän-

---

1) Siehe Voit a. a. O. S. 45 u. Meinert a. a. O. S. 91. (Daselbst auch Tabellen über die Kost in bestehenden Volksküchen nach Gehalt und Preis.) Vergl. auch Flügge a. a. O. u. Fleck, 8. u. 9. Jahresbericht der chemischen Centralstelle für öffentl. Gesundheitspflege zu Dresden. S. 17. Dresden 1880.

2) Siehe Abschnitt „Ernährung". S. 132.

den, z. B. mit Rücksicht auf die nöthige Abwechslung in dem Speisegenusse, sogar von Vortheil sein, dass an verschiedenen Tagen ungleiche oder wechselnde Quantitäten der Nahrungsstoffe auch in der Mittagskost genossen werden, so lange nur dabei auf die Dauer nicht zu viel oder, was begreiflicherweise mehr zu befürchten ist, zu wenig verbraucht wird.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig



INHALTSVERZEICHNISS.

Flügge,

Anlage von Ortschaften.

Erismann,

Die Entfernung der Abfallstoffe.

Schuster,

Beerdigungswesen.

Forster,

Massenernährung.



HANDBUCH DER HYGIENE.

II. THEIL.

1. ABTHEILUNG.

2. HÄLFTE.

v. ZIEMSSEN'S HANDBUCH DER SPECIELLEN PATHOLOGIE UND THERAPIE.

ERSTER BAND.

Dritte umgearbeitete Auflage.

HANDBUCH DER HYGIENE UND DER GEWERBEKRANKHEITEN

BEARBEITET VON

Dr. A. BAER in Berlin, Dr. F. ERISMANN in Moskau, Dr. C. FLÜGGE in Göttingen, Prof. J. FORSTER in Amsterdam, Prof. A. GEIGEL in Würzburg, Baur. L. DEGEN in Regensburg, Prof. A. HILGER in Erlangen, Prof. L. HIRT in Breslau, Dr. A. KUNKEL in Würzburg, Dr. G. MERKEL in Nürnberg, Prof. v. PETTENKOFER in München, Dr. F. RENK in München, Dr. A. SCHUSTER in München, Dr. J. SOYKA in München und Dr. G. WOLFFHÜGEL in Berlin.

HERAUSGEGEBEN VON

Prof. Dr. M. v. PETTENKOFER und Prof. Dr. H. v. ZIEMSSEN.

ZWEITER THEIL.

1. ABTHEILUNG.

2. HÄLFTE.

LEIPZIG,

VERLAG VON F. C. W. VOGEL.

1882.

HANDBUCH DER HYGIENE

UND DER

GEWERBEKRANKHEITEN.

ZWEITER THEIL.

SOCIALE HYGIENE.

1. ABTHEILUNG.

GRÖSSERE GEMEINWESEN.

2. HÄLFTE.

WASSERVERSORGUNG

VON

REGIERUNGSRATH DR. G. WOLFFHÜGEL,
PRIVATDOCENT DER HYGIENE IN BERLIN.



LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1882.



INHALTSVERZEICHNISS.

ZWEITES CAPITEL.

Zweck der Wasserversorgung.

DRITTES CAPITEL.

Wasser und Gesundheit.

VIERTES CAPITEL.

Beurtheilung der Qualität des Wassers.

FÜNFTES CAPITEL.

Beurtheilung der Quantität des Wassers.

SECHSTES CAPITEL.

Die Art der Beschaffung des Wassers.

SIEBENTES CAPITEL.

Die Verbesserung des Wassers.

ACHTES CAPITEL.

Die Zuleitung und Vertheilung des Wassers.



WASSERVERSORGUNG

VON

Regierungsrath Dr. G. WOLFFHÜGEL,
PRIVATDOCENT DER HYGIENE IN BERLIN.

Die Unentbehrlichkeit des Wassers für den Lebensunterhalt aller Organismen hat einst General Lamoricière in dem geistreichen Worte gekennzeichnet, dass Afrika nicht mit dem Schwerte sondern mit dem Bohrer zu erobern sei. In der That schliesst das Wasser eine gewaltige Macht in sich, vor welcher der Mensch, selbst wenn er auch im Uebrigen alle Bedingungen des Wohlergehens auf Erden beherrschte, ohne Ausnahme sich beugen muss, denn er vermag sich nur in Regionen der Erdoberfläche zu dauerndem Aufenthalte niederzulassen, in welchen es wenigstens an der zum Leben unbedingt erforderlichen Menge dieses Elementes nicht gebricht.

Wird das Wasser von der Natur in freigebiger Weise dargeboten, so kommt sein hoher Werth wenig zum Bewusstsein. Eine um so höhere Verehrung wird ihm in Gegenden, welche mit dieser Gabe kärglich bedacht worden sind, und namentlich in Ländern der heissen Zone zu Theil.

Wo am Orte der Niederlassung sich keine augenfälligen Bezugsquellen ergeben oder wo die vorhandenen den Ansprüchen nach Menge und Beschaffenheit nicht mehr genügen, sucht man durch gewisse Veranstaltungen die Wohnstätten mit Wasser zu versorgen: Entweder werden die atmosphärischen Niederschläge in Behältern gesammelt und für den späteren Gebrauch aufbewahrt, oder es wird das in der Erdrinde verborgene Wasser künstlich erschlossen oder der Wasserreichthum eines benachbarten Gebietstheiles nutzbar gemacht.

Literatur, Lehr- und Handbücher. a. HYGIENE: L. Pappenheim, Handb. d. Sanitätspolizei. 2. Aufl. Berlin 1870. Bd. 2. — W. Roth u. R. Lex, Handb. d. Militär-Gesundheitspflege. Berlin 1872. Bd. 1. S. 1. — F. Sander, Handb. d. öffentl. Gesundheitspflege. Leipzig 1877. S. 225. — G. Wilson, Handb. d. Gesundheitspflege. Deutsch v. P. Boerner. Berlin 1877. S. 148. — E. A. Parkes, Practical hygiene. 5. Aufl. von F. de Chaumont. London 1878. S. 1. — W. R. Nichols (Boston), On drinking-water and public water-supplies (A. H. Buck, a treatise on hygiene and public health. Vol. I. p. 211). London 1879. — J. Arnould, Nouveaux éléments d'hygiène. Paris 1881. p. 632. — A. Bouchardat, Traité d'hygiène publique et privée. Paris 1881. p. 147. — J. Nowak, Lehrbuch der Hygiene. Wien 1881. S. 6. — A. Geigel, Die öffentliche Gesundheitspflege, allgemeiner Theil von v. Pettenkofer's Handb. d. Hygiene u. Gewerbekrankheiten. Leipzig 1882. S. 70 u. 194. — H. Eulenberg, Handb. d. öffentl. Gesundheitswesens. Berlin 1882. Bd. 2, Artikel „Wasser" (F. Tiemann u. C. Preusse), „Wasserversorgung" (C. Bischoff).

b. TECHNOLOGIE: F. Knapp, Lehrb. d. chem. Technologie. 3. Aufl. Braunschweig 1865. Bd. 1. — Muspratt, Chemie. 3. Aufl. Braunschweig 1880. Bd. 7,

F. Stohmann, „Wasser“. S. 199. — F. Fischer, Die chem. Technologie d. Wassers. Braunschweig 1880.

c. BAUKUNDE: A. Bürkli, Anlage und Organisation städtischer Wasserversorgungen. Zürich 1867. — G. Hagen, Handb. der Wasserbaukunst. Berlin 1869. 3. Aufl. 1. Thl. Bd. 1. — Hughes, Treatise on waterworks for the supply of cities and towns. London 1875. — B. Salbach, Die Wasserleitung. 2. Aufl. Halle 1876. — J. T. Fanning, Practical treatise on water-supply engineering. New-York 1877. — W. Humber, Treatise on the water-supply. London 1877. — E. Grahn, Die städtische Wasserversorgung. München 1878. — F. König, Anlage u. Ausführung von Wasserleitungen u. Wasserwerken. 2. Aufl. v. L. Poppe. Leipzig 1878. — L. Franzius und E. Sonne, Der Wasserbau (Handb. d. Ingenieurwissenschaften. Bd. 3), Cap. 1, 2 u. 3 bearbeitet v. A. Frühling, E. Sonne, E. Schmitt u. F. Lincke. Leipzig 1879. — J. H. B. Brown, Water-supply. London 1880. — B. Salbach, Wasserversorgung der Gebäude (4. Bd. d. Handbuchs d. Architektur). Darmstadt 1881.

ERSTES CAPITEL.

Die Wasservorräthe der Natur.

Der Kreislauf des Wassers.

Wasser finden wir in der Atmosphäre, auf der Erdoberfläche und im Schoosse der Erde. Die Atmosphäre enthält dasselbe in Dampfform oder verdichtet zu Meteorwasser als Regen, Schnee u. dgl. Auf der Erde ist es in Rinnsalen oder Vertiefungen eingebettet und bildet Bäche, Flüsse, Seen und Meere. In der Erde lagert es auf einer undurchlässigen Schicht des Bodens als Grundwasser, die Zwischenräume des darüber liegenden porösen Erdreichs ausfüllend. Erde und Atmosphäre, sowie die auf oder in ihnen befindlichen lebenden und leblosen Körper, vollziehen ohne Unterbrechung einen Austausch ihres Wassers, wobei dasselbe, zum Theil unter Veränderung des Aggregatzustandes, mancherlei Wanderungen im Haushalte der Natur durchmacht.

Die Luft entnimmt der Erdoberfläche, sowohl den Gewässern als auch dem festen Lande, Wasser durch Verdunstung. Der Wasserdampf steigt, zunächst ohne fürs Auge wahrnehmbar zu sein, in der Atmosphäre auf und folgt deren Strömungen. Mit der Zeit erfährt derselbe eine Verdichtung zu sichtbaren Nebel- oder Dunstbläschen, sobald die mit Feuchtigkeit beladene Luft in kältere Regionen kommt, beziehungsweise sich mit kälteren Luftschichten mischt. Die Dunstbläschen bilden Nebel, wenn die sie führende Luft auf der Erdoberfläche lagert, oder sie schweben als Wolken in den höheren Schichten der Atmosphäre. Durch fortschreitende Verdichtung entstehen aus Nebelbläschen Regentropfen oder es erfolgt durch Aenderung des Aggregatzustandes je nach Umständen die Bildung von Schnee, Hagel u. dgl. Diese fallen aus der Atmosphäre auf die Erd-

oberfläche vermöge ihrer Schwere herab und speisen die ober- und unterirdischen Gewässer.

Das Wasser kehrt übrigens nicht allein in Niederschlägen dieser Art zur Erde wieder, vielmehr findet weiterhin eine Rückgabe dadurch statt, dass Wasserdampf an der kälteren Erdoberfläche als Thau oder Reif sich niederschlägt oder im Boden selbst, in welchen die atmosphärische Luft als Grundluft eindringt, absorbirt oder verdichtet wird.

Das der Erde wiedergegebene Wasser befeuchtet entweder nur die oberste Bodenschicht und verdunstet alsbald wieder, oder es fliesst, wo es auf Felsen fällt oder sonst einen wenig durchgängigen Boden findet, an der Oberfläche nach dem nächsten Wasserlaufe ab — oder es versickert und sinkt im Boden, bis es auf eine undurchlässige Schicht gelangt, um auf dieser in der Richtung des grössten Gefälles als Grundwasser abzufliessen.

Das Grundwasser speist Quellen und offene Waserläufe (Bäche, Flüsse, Seen). Die letzteren nehmen ausser den Zuflüssen des Grundwassers noch sowohl atmosphärische Niederschläge theils unmittelbar, theils in dem Tagewasser auf, welches sich aus dem auf der Erdoberfläche abfliessenden Meteor- und Quellwasser zusammensetzt, als auch die Abwässer des Haushaltes, der Gewerbe und der Landwirthschaft.

Die offenen Wasserläufe fliessen insgesammt, vereinigt zu grossen Flüssen, nach dem Meere, von dessen enormen Flächen die Atmosphäre durch Verdunstung fortwährend von Neuem grosse Wassermassen entnimmt, um sie dem Festlande später und oft in sehr weiter Entfernung in Form von Niederschlägen wieder zu geben.

In dieser Weise bewegt sich das Wasser in der Natur ohne Unterbrechung in einem Kreislaufe, dessen Bild sich zu einem complicirten gestaltet, wenn man noch die mit ihrem Lebensprocess daran betheiligten thierischen und pflanzlichen Organismen und die wasserhaltigen leblosen Körper mit in Betracht ziehen wollte. Dieser Kreislauf ist für die Qualität des Wassers in hygienischer Beziehung von grosser Tragweite, indem dasselbe auf seinen Wegen vielfach Gelegenheit findet, Verunreinigungen mit fortzuschwemmen oder in Lösung aufzunehmen, andererseits aber bei seinen Wanderungen und Wandlungen auch Reinigungsprocesse durchläuft, welche es in einen genussfähigen und brauchbaren Zustand zurückführen.

Wenn wir uns nach der Ursache der einzelnen Vorgänge im Kreislaufe des Wassers fragen, welche dasselbe an der Erdoberfläche in Dampf verwandelt, diesen in der Atmosphäre nach gewaltigen

Höhen zum Auftrieb bringt und die Wolken nach weit entfernten Himmelsstrichen treibt, um den unter denselben befindlichen Ländern tausendfältigen Segen zu spenden, — finden wir allein in der Sonnenwärme die eigentliche bewegende Kraft.

Die Meteorwässer.

Durch den Uebergang in Dampfform wird das Wasser von allen in ihm gelösten und suspendirten Bestandtheilen so gründlich befreit, dass es fast den chemisch reinen Zustand erreicht, jedoch beginnt dasselbe mit der Rückkehr in den flüssigen Aggregatzustand auf allen seinen Wegen Beimengungen wieder aufzunehmen.

Zusammensetzung.

Das zu Regen, Schnee u. dgl. in der Atmosphäre verdichtete Wasser findet schon, während es aus den höheren Luftschichten in die dem Erdboden näher gelegenen niedersinkt, die mannigfaltigsten, im Luftraume schwebenden Verunreinigungen zur Aufnahme bereit, welche bekanntlich in Hinsicht ihrer Natur die engsten Beziehungen zu den örtlichen Verhältnissen verrathen. Selbst das Meteorwasser, welches im freien Felde, fern von menschlichen Wohnstätten aufgefangen wird, zeigt schon gewisse Beimengungen mineralischen, pflanzlichen oder thierischen Ursprungs, aber es wird die Verunreinigung, wenn der Regen oder Schnee in der Nähe von Niederlassungen und namentlich von gewerblichen und industriellen Anlagen, durch eine mit Kohlendunst und flüchtigen Abgängen aller Art geschwängerte Atmosphäre herabgefallen ist, nicht selten hochgradig vermehrt.

Wie die Reinheit der atmosphärischen Luft lässt die davon abhängige Beschaffenheit des Meteorwassers ausser diesen örtlichen Unterschieden auch zeitliche Schwankungen je nach der Jahreszeit, Windrichtung, Dauer des Niederschlags u. s. w. erkennen. Das Regen- und Schneewasser ist demnach, wenn es auf der Erdoberfläche ankommt, selten mehr ein reines Wasser, aber am meisten büsst es an Reinheit ein, wenn es auf die Dächer der Häuser und auf andere Gegenstände der Erdoberfläche fällt, diese und den Erdboden abspült und Russ, Staub, Schlamm und Unrath aller Art mit fortschwemmt.

a) Die Gase und die gelösten festen Bestandtheile.

Die Zusammensetzung*) der Meteorwässer ist zunächst durch einen Gehalt an den natürlichen Bestandtheilen der Atmosphäre, an

*) Eine umfassende Uebersicht der Angaben, welche in der Literatur über die Zusammensetzung der natürlichen Wässer vorliegen, gibt F. Fischer[1]),

Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure charakterisirt, der dem Löslichkeitsverhältnisse dieser Gase annähernd entspricht.

Ein von Reichardt untersuchtes Schneewasser enthielt im Liter 22,2 ccm Gas, welches aus 29,1 % Sauerstoff, 64,2 % Stickstoff und 6,7 % Kohlensäure bestand. Regenwasser, das bei 4 ° C. im Januar gesammelt war (1), zeigte im Liter eine Gasmenge von 32,4 ccm, im Juni bei 15 ° C. aufgefangenes (2) dagegen von nur 24,9 ccm, nach längerem Regen (3) von 26,9 ccm; nach sechstägigem Stehen (4) enthielt die letzte Wasserprobe noch 22,4 ccm Gas. Der Gasgehalt in diesen verschiedenen Beobachtungen war:

	1.	2.	3.	4.
Sauerstoff	31,8 %	27,0 %	13,3 %	22,0 %
Stickstoff	61,6	64,2	72,6	64,8
Kohlensäure	6,7	8,8	14,1	13,2

Im Uebrigen variirt die Zusammensetzung der Meteorwässer sowohl nach den einzelnen Bestandtheilen als auch nach den Mengenverhältnissen derselben. Der atmosphärische Niederschlag kann enthalten: Organische Stoffe und zwar sowohl kohlenstoff- als stickstoffhaltige, Ammoniak, Nitrate und Nitrite, Chloride, Sulfate, Sulfide, Alkalien, Calcium, Magnesium, Spuren von Phosphorsäure, Eisenoxyd, Jod, Brom, Arsen, Schwefelwasserstoff u. s. w.

Werthvolle Angaben über den Gehalt der Meteorwässer an organischen Substanzen und Stickstoffverbindungen sind von der englischen Commission*) zur Verhütung der Flussverunreinigung in ihrem 6. Bericht (S. 27 u. ff.) geliefert, welche zahlreiche Proben unter Anwendung der Elementaranalyse untersucht hat. In 81 Analysen von Regen und Schnee entfielen auf organische Stoffe im Liter 0,26 bis 3,72 mg (durchschnittlich 0,99 mg) Kohlenstoff und 0,03 bis 0,66 mg (durchschnittlich 0,22 mg) Stickstoff, bei einem Gehalt an Gesammtstickstoff von 0,71 mg. Die Mengenverhältnisse waren einigermaassen abhängig von der Windrichtung, was auch an anderen Orten beobachtet wurde. Für Thau und Reif wies die Analyse noch grössere Mengen von organischen Stoffen und Stickstoffverbindungen nach: An Kohlenstoff im Liter 1,95 bis 4,50 mg (durchschnittlich 2,64 mg), an Stickstoff 0,26 bis 1,96 mg (durchschnittlich 0,76 mg).

Analysen über den Gehalt an Ammoniak, Nitraten und Nitriten sind von verschiedenen Beobachtern mitgetheilt worden. Als Beispiel für die zeitlichen Schwankungen dieser Bestandtheile (mg i. l)

---

von dessen Aufzeichnungen wir auch in den folgenden Citaten Nutzen ziehen; in gleicher Weise bemerkenswerth ist die von Th. Schorer (Lübecks Trinkwasser, Lübeck 1877) gegebene Literatur-Zusammenstellung. Leider sind die Analysen der verschiedenen Beobachter selten nach einheitlichen Methoden ausgeführt (s. S. 147).

*) Commissioners, appointed in 1868, to inquire into the best means of preventing the Pollution of Rivers.

mag eine Angabe von Barral über Untersuchungen dienen, welche im Pariser Observatorium ausgeführt worden sind.

Gesammelt	Gesammt-Stickstoff	Salpetersäure (N_2O_5)	Ammoniak	Chlor	Kalk
1851.					
Juli	4,67	6,01	3,77	3,88	9,02
August	9,44	20,20	4,42	2,89	8,68
September	11,95	36,33	3,04	2,39	7,16
October	4,46	5,82	1,08	1,84	2,43
November	4,64	9,99	2,50	2,64	4,26
December	15,01	36,21	6,85	0	7,36
1852.					
Januar	3,90	7,64	2,53	1,61	—
Februar	11,13	11,77	9,65	4,62	—
März	2,92	6,86	1,47	2,11	—
April	3,63	3,57	3,53	2,18	—
Mai	2,54	5,57	1,14	1,15	—
Juni	2,01	1,84	1,84	1,37	—

Die Menge dieser Bestandtheile wechselt nicht nur je nach dem Orte, an welchem das Meteorwasser gesammelt wird, sondern auch an ein und demselben Beobachtungsorte je nach der Höhe, in welcher die Entnahme der Probe erfolgt. So fand Bobierre in Nantes für Regenwasser folgende abweichende Beobachtungszahlen (mg i. l).

1863.	Ammoniak		Salpetersäure		Chlornatrium	
	47 m	7 m	47 m	7 m	47 m	7 m
Januar	5,23	6,70	5,79	3,20	14,1	8,4
Februar	4,61	5,90	—	—	15,1	10,0
März	1,88	8,62	7,12	5,98	16,1	11,9
April	1,84	6,68	2,31	1,81	7,3	9,2
Mai	0,75	4,64	3,50	2,00	5,0	9,4
Juni	2,22	3,97	13,22	10,24	15,0	17,4
Juli	0,27	2,70	—	—	—	—
August	0,26	2,11	15,52	16,00	14,8	19,3
September	1,43	5,51	10,00	5,72	11,2	14,8
October	1,69	4,29	4,99	3,20	12,0	9,0
November	0,59	4,48	6,28	5,57	22,8	26,1
December	3,18	15,67	4,89	3,10	21,6	16,3
im Durchschnitt	2,00	5,94	7,36	5,68	14,0	13,8

Vom Regenwasser ist nachgewiesen, dass sein Ammoniakgehalt mit der Dauer des Regens abnimmt. In 5 Proben Regenwasser, die bei einem Regen nach einander in Portionen von 1,0, 1,0, 2,0, 2,0 und 3,55 Liter aufgefangen worden waren, erhielt Boussingault 6,59, 3,07, 1,40, 0,39 und 0,36 mg i. l Ammoniak (Mittel 1,52 mg).

Im Regenwasser zu Paris fand Boussingault den Ammoniakgehalt durchschnittlich zu 3 mg, am Liebfrauenberg in den Vogesen zu 0,79 mg im Liter.

Der Ammoniakgehalt der Luft und der Meteorwässer wird von der Erde nur vorwiegend aus Fäulnissvorgängen an der Bodenoberfläche geliefert, verhältnissmässig wenig tragen Industrie, Heizung und Beleuchtung dazu bei. Es ist eine bekannte Thatsache, dass der Schnee aus dem Boden, auf den er fällt, noch Ammoniak aufnimmt. Boussingault erhielt aus frisch gefallenem Schnee 1,78 mg Ammoniak und nach 1 1/2 Tage langem Liegen auf Gartenerde 10,34 mg i. l.

Die Salpetersäure im Meteorwasser ist hauptsächlich ein Oxydationsprodukt von Ammoniak und stickstoffhaltigen organischen Körpern, wird indessen, allerdings in geringen Mengen, auch durch elektrische Entladungen bei Gewittern erzeugt.

Diese Deutung des Auftretens von Ammoniak und Salpetersäure in der Luft und den atmosphärischen Niederschlägen lässt es erklärlich erscheinen, warum an bewohnten Orten der Gehalt vermehrt ist und grössere Ammoniakmengen nahe an der Erdoberfläche gefunden werden als in der Höhe.

Entsprechend dieser Thatsache ist auch der Nebel ungemein reich an Ammoniak. Als Maximum fand Boussingault zu Paris einmal im Nebelwasser (Januar 1854) 138 mg Ammoniak und 10,1 mg Salpetersäure im Liter, der Nebel am Liebfrauenberg enthielt im Liter nur 0,4 bis 1,8 mg Salpetersäure.

Den Ammoniakgehalt des Thaus zu Paris gibt Boussingault zu 1 bis 6 mg, den Salpetersäuregehalt des Thaus vom Liebfrauenberg zu 0,1 bis 1,1 mg i. l an.

Im Meteorwasser kommt auch als regelmässiger Befund salpetrige Säure vor (Schönbein). Der Gewitterregen enthält Wasserstoffsuperoxyd (Meissner, Struve, Goppelsröder).

Eine wesentliche Verunreinigung wird den atmosphärischen Niederschlägen durch die Heizungs- und Feuerungsanlagen zu Theil, welche die Atmosphäre mit den flüchtigen, mehr oder weniger vollständigen Produkten der Verbrennung schwängern. R. A. Smith[2)] schätzt die Menge der kohligen, theerartigen Substanz, welche aus der Verbrennung von Kohlen an die Atmosphäre abgegeben wird, auf etwa 3 % vom Gewicht des Brennmaterials. Im Regenwasser wies er derartige Stoffe nach, desgleichen Aschenbestandtheile und Schwefelsäure, die aus der beim Verbrennen schwefelhaltiger Steinkohle sich entwickelnden schwefligen Säure sich bildet. Dieser Gehalt an Schwefelsäure ist besonders in den englischen Fabrikorten ein beträchtlicher, z. B. in Manchester 50 mg, in der Nähe von chemischen Fabriken 70 mg i. l.

Chlornatrium und andere nicht flüchtige Bestandtheile des Meerwassers scheinen vorwiegend nur bei unruhiger See durch Zerstäubung in die Atmosphäre zu gelangen (Roubaudi, Lampadius).

b) Die ungelösten festen Bestandtheile.

An nicht gelösten Bestandtheilen wird das Meteorwasser alle jene kleinsten lebenden und leblosen organischen Körper und mineralischen Partikel, welchen man bei der aëroskopischen Untersuchung begegnet, führen können, indem die atmosphärischen Nieder-

schläge die Luft gleichsam rein waschen. Beim Niedersinken aus der Atmosphäre beladet sich dasselbe mit den darin vorhandenen Mikroorganismen und bringt selbst auf diese Weise die Keime zur fauligen Zersetzung mit sich, welcher es so leicht anheimfällt.*)

Menge.

Für die Wasserversorgung ist die Häufigkeit und Menge der atmosphärischen Niederschläge von höherer Bedeutung wie die Beschaffenheit des von ihnen zu erwartenden Wassers; sind dieselben doch eine unabweisliche Bedingung für das Bestehen und Fortkommen des pflanzlichen und thierischen Lebens, an welche nicht nur das Gedeihen der Saat unserer Felder sondern auch der Bestand und die Ergiebigkeit der Quellen und offenen Wasserläufe geknüpft ist.

Eine enorme Verdunstung findet unter den Tropen auf dem zum grössten Theil aus Wasser bestehenden Erdgürtel zwischen den beiden Wendekreisen statt, der gegen 700 geographische Meilen breit ist. Man nimmt schätzungsweise an, dass hier jährlich eine Wasserschicht von mehr denn 16 Fuss (etwa 5 m) Dicke als Wasserdampf in die Atmosphäre aufsteigt und von den Luftströmungen fortgeführt wird (Rossmässler[3]). Ein Theil dieser gewaltigen Wassermassen fällt in der Region der Calmen als tropischer Regen, der oft so sehr ergiebig ist, dass die Seefahrer auf dem Meeresspiegel süsses Wasser abschöpfen können. Nur der Ueberschuss kommt als atmosphärischer Niederschlag dem Festlande der beiden Halbkugeln, freilich unter Bevorzugung der nördlichen zu Gute.

Das Gebietsverhältniss zwischen Meer und Land kann man fast als 3 zu 1 annehmen, und zwar entfällt auf die nördliche Halbkugel dreimal mehr festes Land als auf die südliche, deren Festland auch viel ärmer an Flüssen ist. Da offenbar die Verdunstung auf dem Meere grösser und die Bildung von Niederschlägen geringer als auf dem Lande ist, muss die südliche Hemisphäre der nördlichen einen grossen Theil an Meteorwasser liefern; in diesem Sinne erscheint die Erde mit einer Dampfmaschine vergleichbar, welche in der südlichen Halbkugel den Kessel, in der nördlichen den Condensator hat und während unserer Winterszeit mit höherem Drucke arbeitet (Dove). Johnston hat das Verhältniss der auf die beiden Halbkugeln fallenden Regenmengen auf 26 zu 37 geschätzt.

Die Grösse der Verdunstung ist vorzugsweise abhängig von der Temperatur der Luft. In wärmerem Zustande nimmt die Luft eine grössere Menge Wasserdampf auf als in einem kühleren, weil ihr Sättigungsvermögen mit der Temperatur steigt und fällt.

*) „Cadens inficitur halitu terrae“ Plinius, Hist. nat. XXXI, cap. 3.

Nach den Beobachtungen von Magnus und Regnault sind im Cubikmeter einer mit Wasserdampf gesättigten Luft enthalten

bei	—10°	+5°	+0°	+5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30° C.
	2,1 g	3,5 g	4,9 g	6,8 g	9,4 g	12,8 g	17,2 g	22,9 g	30,1 g Wasser.

Ausser der Temperatur wirken noch andere Faktoren auf die Verdunstung ein, so der Wassergehalt der Luft, die Stärke und Richtung des Windes, die Grösse und Lage der Verdunstungsfläche (des Gewässers oder feuchten Bodens), der Luftdruck. Demnach liefert die Verdunstung variabele Grössen.

Die Beobachtung derselben hat den hohen Einfluss einzelner dieser Bedingungen lange Zeit zu gering angeschlagen und in der Wahl der Apparate und der Art ihrer Anordnung ungleichartige Verfahren angewandt, sodass die Ergebnisse theils unsicher, theils nicht vergleichbar sind. Man kann daher die bis jetzt bekannten Erfahrungen über die Höhe der jährlich verdunsteten Wasserschicht und so auch die folgenden Zahlen von Schübler und Kämtz nur mit Vorsicht aufnehmen.

Beobachtungsort	Verdunstung	mittlere Temperatur	Beobachtungsort	Verdunstung	mittlere Temperatur
	cm	° C.		cm	° C.
Augsburg . .	162,7	8,2	Marseille . .	230,1	14,1
Berlin . . .	70,4	9,0	Rom	198,2	15,9
Breslau . . .	40,1	8,3	Rotterdam . .	62,3	—
London . . .	64,4	10,5	Tübingen . .	64,7	—
Manchester . .	112,3	9,4	Würzburg . .	68,8	10,4
Mannheim . .	186,2	10,1			

Die Verdunstung ist im Schatten wesentlich geringer als in der Sonne. Der Einfluss der direkten Bestrahlung kann im Sommer das vier- und fünffache der Verdunstung im Schatten betragen. Im Walde verdunstet von Wasserflächen bei Weitem weniger Wasser als auf dem freien Felde.

Nach den Erhebungen der bayerischen forstlich-meteorologischen Stationen[4] verdunsteten im Jahre 1868/69 von einer freien Wasserfläche im Walde 21,9 cm, im Freien dagegen 59,8 cm, desgleichen ist im Walde auch die Verdunstung vom Boden eine geringere als auf dem freien Felde, die Differenz betrug für einen unbedeckten (streufreien) Boden 62 % und für den streubedeckten 85 %.

An und für sich verliert aber unter sonst gleichen Bedingungen ein mit Wasser durchtränkter Boden, wahrscheinlich weil er durch seine Unebenheiten eine grössere Oberfläche darbietet, mehr Wasser als eine gleich grosse Wasserfläche. Ebenso kann, wie dies schon Schübler nachgewiesen hat, die Vegetation die Verdunstung steigern.

Gemäss dem zwischen Wasseraufnahme und Temperatur bestehenden Abhängigkeitsverhältnisse wird andererseits eine Abkühlung der Luft unter die ihrem Wassergehalte entsprechende Sättigungstemperatur dazu führen müssen, dass sich ein Theil des Wassers in Form von Nebelbläschen ausscheidet. Die Grösse dieser Verdichtung hängt wiederum von der ursprünglichen Höhe und der durch die Abkühlung gesetzten Differenz der Temperatur ab.

Die Luftströmungen, welchen wir die Vertheilung des Meteorwassers auf der Erdoberfläche im Kreislaufe verdanken, sind die Folge von Spannungsdifferenzen beziehungsweise von Gewichtsdifferenzen in der Atmosphäre, welche durch die ungleiche Erwärmung der Erdoberfläche hervorgerufen sind. Es entstehen auf diese Weise regelmässige Strömungen der Luft in der Richtung von den Polen zum Aequator und vom Aequator zu den Polen (Passatwinde, Polar- und Aequatorialströme), welche in ihrer Richtung gewisse zum Theil typische Verschiebungen durch die Axendrehung der Erde, durch Gebirge erfahren; zugleich treten unter dem Einflusse von örtlichen Verhältnissen, wie Wäldern, Gewässern u. dgl., Luftströmungen von lokalem Charakter (Land- und Seewinde) auf, deren Entstehung gleichfalls auf Temperaturdifferenzen zurückzuführen ist.

Die Bedeutung der Luftströmungen für die Vertheilung der atmosphärischen Niederschläge ist selbstverständlich je nach der geographischen Lage des Ortes eine verschiedene. Aber es macht auch die Erdoberfläche einigen Einfluss in dieser Hinsicht geltend, denn wir wüssten uns sonst nicht zu erklären, warum in südlichen Ländern mit der Abtreibung der Wälder die Regenmenge abgenommen hat und warum die Wüste Sahara im Allgemeinen sehr regenarm ist. Offenbar findet die Luft, wenn sie über die erhitzten, trockenen Sandflächen streicht, selbst in einem stark befeuchteten Zustande nicht die Bedingungen zur Verdichtung ihres Wasserdampfes und zur Bildung von Niederschlägen.

Gebirgsküsten und Höhenzüge sind, wenn der Wind eine stark befeuchtete Luft gegen sie treibt, geeignet, Niederschläge zu veranlassen, indem sie nicht nur den Luftströmen Einhalt gebieten, sondern auch durch Abkühlung dieselben zwingen, ihren Wasserdampf als Thau oder Regen zum Theil abzugeben. Es wird dies um so mehr eintreten, wenn die Höhen bewaldet sind und durch die fortwährend in ihrer Vegetation stattfindende Verdunstung abkühlend wirken.

Für den nachtheiligen Einfluss der Entwaldung solcher Höhen liegen manche interessante Belege vor. So hatte in Venezuela der im Thale Aragua liegende See Tacarigua in wenig mehr als 200 Jah-

ren durch Entwaldung der umliegenden Höhen und ausgedehnte Urbarmachungen so bedeutend an Wasser eingebüsst, dass eine Menge ehemaliger Inseln desselben zu freistehenden Hügeln wurden und sich an seinen trocken gelegten Rändern Zucker- und Indigoplantagen ansiedeln konnten. A. v. Humboldt, welcher den See im Jahre 1800 besuchte, sagt mit Beziehung darauf, „durch Fällung der Bäume, welche die Berggipfel und Bergabhänge bedecken, bereiten die Menschen unter allen Himmelsstrichen den kommenden Geschlechtern eine doppelte Plage: Mangel an Brennstoff und Wassermangel."

Später lieferte der See einen weiteren Beweis für die Bedeutung des Waldes, indem nach jener Zeit, von der Humboldt spricht, die Ansiedler durch jahrelange politische Kämpfe decimirt wurden und der in den Tropen das verlorene Terrain bald wieder erobernde Wald das Seebecken von Neuem füllte (Rossmässler).

Während für die südlichen Länder kein Zweifel darüber besteht, dass die Entwaldung eine Abnahme der Regenmenge zur Folge hat, genügen die Beobachtungen für die gemässigte Zone noch nicht, um diese Frage als abgeschlossen erachten zu können. Dagegen stimmen alle Meinungen darin überein, dass die Wälder immerhin den segensreichsten Einfluss in Hinsicht des Wasserreichthums einer Gegend ausüben, indem sie das Wasser der Niederschläge zurückhalten; ihre Moos- oder Streudecke nimmt dasselbe auf und schützt es vor allzu raschem Ablauf und alsbaldiger Verdunstung. Diese Eigenthümlichkeit ist aber insbesondere für die Bergabhänge von Belang, von welchen sonst das Meteorwasser ohne Weiteres abfliessen würde. Soweit sich aus den interessanten Beobachtungsergebnissen der bayerischen Forst-Stationen ersehen lässt, wird die absolute Wassermenge der Quellen und Flüsse eines Landes durch die Bewaldung nicht wesentlich beeinflusst, aber der Wald regulirt die Wasservorräthe in der Weise, dass er das Wasser für die trockene Jahreszeit aufspeichert und dadurch zugleich im Frühjahr das Hochwasser beschränkt. Der Waldboden gibt im Winter eine geringere Wassermenge als das freie Feld, während er im Sommer aber das 2½-fache bis 3-fache Quantum zu liefern im Stande ist.

Auch in den Angaben über die Regenmenge, zumal in den älteren, vermissen wir die Gleichartigkeit in der Beobachtung. Wie sehr eine Verschiedenheit der Versuchsanordnung das Ergebniss beeinträchtigen kann, erhellt aus der Thatsache, dass die Regenmenge im Allgemeinen um so grösser gefunden wird, je näher am Boden der Regenmesser aufgestellt ist. Diese Differenz der Regenmengen kann auf einen Höhenunterschied von 30 bis 40 m selbst ein Drittel und mehr betragen.

Nach G. v. Möllendorf[5] beträgt im Durchschnitt die Regenhöhe

in Deutschland 67 bis 68 cm und fallen davon auf den Winter 18,1 %, Frühling 22,4 %, Sommer 36 % und Herbst 23,5 %. Die mittlere jährliche Regenmenge der einzelnen Stromgebiete beträgt nach einer vom genannten Autor mitgetheilten Berechnung:

Gegend	cm	Gegend	cm
Rhein (Coblenz bis Emmerich)	68,07	Saale	70,48
Main	69,75	Spree und Havel	58,88
Mosel	62,93	Oder	57,31
Ems	64,03	Glatzer Neisse	66,25
Weser bis Bremen	75,50	Bober	54,64
Leine	71,13	Lausitzer Neisse	59,89
Elbe	71,91	Donau	89,33
Eger	67,03	Küsten der Nordsee	51,28
Mulde	78,81	Küsten der Ostsee	49,59

van Bebber[6] gibt die auf die deutschen Landschaftsgebiete fallenden mittleren Regenmengen (in cm) an, wie die folgende Tabelle zeigt.

Gegend	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
A. Norddeutsches Tiefland.					
1. Schleswig-Holstein. a) Nordseeküste	14,61	12,09	19,08	22,87	68,65
b) Ostseeküste	13,75	11,20	18,62	18,38	61,95
2. Mecklenburg	10,52	10,05	17,91	11,89	50,37
3. Pommern	11,09	11,70	19,90	14,47	57,16
4. Preussen. a) Westpreussen	8,71	10,16	19,16	12,93	50,97
b) Ostpreussen	9,84	11,35	22,66	16,06	59,92
5. Hannover und Oldenburg. a)	15,27	13,55	21,77	21,24	71,84
b)	13,93	14,28	22,30	15,70	66,21
6. Brandenburg	11,45	12,26	19,41	11,67	54,79
7. Posen	9,63	10,69	19,59	11,56	51,48
8. Schlesische Ebene	9,10	12,85	22,82	12,78	57,56
9. Westphalen	17,36	16,35	23,51	19,24	76,47
10. Niederrhein	16,48	15,23	19,88	17,66	69,25
B. Mitteldeutsche Mittelgebirgs-Landschaften.					
1. Rheinisches Schiefergebirge	14,38	14,50	19,56	16,00	64,44
2. Hessen	12,89	13,88	20,84	15,16	62,77
3. Provinz Sachsen und Thüringen	11,42	14,02	20,90	14,22	60,54
4. Harz	20,58	19,99	29,91	21,10	91,58
5. Königreich Sachsen	12,09	15,42	21,95	13,92	63,38
6. Schlesisches Gebirge	11,31	17,14	27,77	15,22	71,44
C. Süddeutsche Mittelgebirgs-Landschaften.					
1. Rheinpfalz	12,79	14,25	18,41	15,80	61,26
2. Lothringen	14,61	14,14	18,28	17,80	64,83
3. Elsass. a) Vogesen	38,70	32,10	32,57	32,60	135,97
b) Rheinebene	13,08	16,43	20,53	16,73	66,77
4. Baden	16,01	22,62	27,74	25,37	91,75
5. Würtemberg	12,97	16,96	24,60	17,27	71,82
6. Bayern	14,35	17,32	26,57	18,39	76,62

Temperatur.

Schon in Anbetracht des veränderlichen Aggregatzustandes der Meteorwässer stellt deren Temperatur eine variabele Grösse dar, dieselbe richtet sich, wenn wir nur den, der Menge nach wichtigeren, Regen und Schnee hier ins Auge fassen wollen, im Grossen und Ganzen nach den Jahreszeiten.

Die Quellen und Brunnen.

Von den unzähligen Poren des Bodens aufgesaugt oder in Spalten und Risse zerklüfteter Felsschichten eingedrungen, sinkt das Meteorwasser, indem es den hydrostatischen Gesetzen folgt, in diesen Zwischenräumen nach abwärts, bis es entweder zu einer bereits vorhandenen Wasseransammlung gelangt und dieser beigemengt weiterfliesst, oder bis es von einer undurchlässigen Erdschicht, z. B. einem Thon- oder Mergellager, aufgehalten wird und auf dieser, falls dieselbe Gefälle hat, sich fortbewegt. Wo die undurchlässige Schicht die Erdoberfläche erreicht, tritt auch das Grundwasser als Quelle selbstthätig zu Tage, im anderem Falle findet dasselbe in sehr langsamer Strömung den Weg nach dem Bette der nächsten oberirdischen Wasserläufe, um diese zu speisen.

Im Gebirge, am Fusse von Abhängen kommen Quellen am häufigsten vor, oder es sind zahlreiche, zum Theil mächtige unterirdische Wasseradern in geringer Tiefe vorhanden, welche ohne Mühe aufgedeckt oder erschlossen werden. Es befindet sich in jedem Thale oder Passe, in jeder Terrainfalte oder Schlucht ein sichtbarer oder unsichtbarer Wasserlauf und zwar immer im Thalwege (Koenig-Poppe[7]). Solche unterirdische Wasserrinnen machen sich nicht selten durch Stellen am Boden bemerkbar, aus welchen in der nassen Jahreszeit Wasser hervorquillt oder an welchen Wasserpflanzen in üppiger Vegetation gedeihen.

Auf reichliche Vorräthe an Grundwasser kann man in der Ebene, in bewaldeten Gegenden, sowie in Flussthälern und überhaupt in der Umgebung von offenen Wasseransammlungen mit einiger Sicherheit rechnen. In der nächsten Nähe der letzteren wird je nach der Durchlässigkeit des Bettes und je nach dem wechselnden Verhältnisse ihres Niveaus zum Grundwasserspiegel in Folge von seitlicher Filtration Flusswasser dem Grundwasser sich beimengen.

Einfluss des Bodens auf die Zusammensetzung.

Auf das in der gedachten Weise zu Grundwasser werdende Meteorwasser üben die Erdschichten, welche es durchsickert, eine reinigende

Wirkung aus, welche entsprechend der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Bodens (Durchlässigkeit, Korngrösse, Reinlichkeitszustand u. s. w.) mehr oder weniger zur Geltung kommt.

Während der Boden dem Wasser die ungelösten Bestandtheile, und bei langsamem Niedersinken durch dicke Schichten eines feinporigen Materials selbst die kleinsten Lebewesen, in Folge einer Art von Massenanziehung zum grössten Theil entzieht, äussert er auch auf den Gehalt an gelösten Stoffen insofern einen günstigen Einfluss, als von ihm manche derselben durch Flächenattraktion absorbirt, theils ganz zurückgehalten, theils chemisch verändert wiedergegeben werden. Bei dieser selbstthätigen Filtration erweist sich die gleichzeitige Berührung des Wassers mit Luft und porösen Körpern besonders wirksam, indem sie grösstentheils unter Mitwirkung von Mikroorganismen auch Oxydationsprocesse einleitet, durch welche aus höher constituirten Körpern weniger complicirte entstehen.

Der Boden*) vermag die organischen Bestandtheile aus dem ihn durchsickernden Wasser durch Flächenwirkung in seinen obersten Schichten zu binden, wo dieselben durch Oxydation oder durch Fäulniss zerlegt werden. An dieser Verarbeitung der organischen Stoffe betheiligen sich, wenn der Boden bepflanzt ist, die Wurzeln der Gewächse, indem sie einen Theil derselben aufsaugen. In gleicher Weise hält der Boden aus Lösungen Ammoniak, Kali, Magnesia, Phosphorsäure, Kieselsäure u. s. w. zurück, in viel geringerem Maasse auch Natron, Chlor, Kalk, Salpetersäure und salpetrige Säure und bindet namentlich die Ackerkrume energisch Ammoniak und Kalisalze.

Diese Absorptionsfähigheit, welche zum Theil auf chemischen Processen beruht, ist jedoch eine beschränkte. Schon die Uebersättigung des Bodens mit organischen Stoffen führt dazu, dass dieselben und andere Körper, die sonst leicht zurückgehalten werden, im Grundwasser auftreten, zugleich hat aber das Uebermaass an Imprägnirungsmaterial auch zur Folge, dass der Vorgang der Oxydation oder Verwesung in den der Fäulniss übergeht (Frankland[8], Soyka[9], v. Fodor[10]).

Wo im Boden eine lebhafte Oxydation statt hat, verschwinden mehr und mehr die organischen Stoffe und das Ammoniak, es treten Salpetersäure und salpetrige Säure dafür auf, dagegen findet sich bei der Fäulniss noch reichlich unzersetzte organische Substanz mit viel Ammoniak, während Salpetersäure und salpetrige Säure entweder gar nicht oder nur in geringen Mengen vorhanden sind (v. Fodor).

---

*) Vgl. dieses Handbuch I. Theil. Abthlg. 2. 2. Boden (Soyka).

Ein Versuch Fodor's, in welchem er den Einfluss der Uebersättigung studirte, ist geeignet, dies in lehrreicher Weise darzuthun. Es war unter gleichen Bedingungen auf zwei Bodenproben, welche in 135 cm hohe Glasröhren eingefüllt waren, längere Zeit täglich Harn aufgetragen worden und zwar auf die eine (*a*) 1 ccm mit 10 ccm Wasser, auf die andere (*b*) 10 ccm reiner Harn, bis unten je 100 ccm abgeflossen waren. Die Analyse dieses Sickerwassers ergab:

	a.	*b.*
Salpetersäure	92,00 mg	0
salpetrige Säure	0,14 „	0
Ammoniak	1,75 „	über 1000 mg
Organ. Substanz*)	17,20 „	1740 „

J. v. Liebig unterschied die Zersetzung der organischen Stoffe nach Fäulniss und Verwesung. Die Fäulniss ist nach ihm, wie auch die Gährung, ein auf der Wirkung von chemischen Fermenten beruhender Vorgang, welcher des Luftzutritts nicht bedarf, die Verwesung dagegen eine, durch den Luftsauerstoff bewirkte, langsame Verbrennung vegetabilischer und animalischer Stoffe. Die heutige Lehre von der Fäulniss nimmt dagegen die Mitwirkung von Mikroorganismen für diese Processe im Allgemeinen als eine wesentliche Bedingung an, ohne dass sie, wie es namentlich A. Hiller dargethan hat, eine strenge Scheidung zwischen Fäulniss, Vermoderung und Verwesung treffen kann. Wohl trennt man aus praktischen Gründen nach wie vor die Verwesung von der eigentlichen Fäulniss, insoweit sich Unterschiede theils aus der Promptheit des Verlaufes, theils aus den Endprodukten der Zersetzung ergeben; der Zerfall durch Fäulniss dauert länger, die Verwesung geht unter Bildung von nicht oder wenig stinkenden Zersetzungsprodukten vor sich, sie lässt z. B. aus den stickstoffhaltigen Körpern nicht Ammoniak, wie die Fäulniss, sondern salpetrige Säure und Salpetersäure entstehen.

Ob nun in beiden Vorgängen die gleichen oder verschiedene Arten von geformten Fermenten wirksam sind, welche als Aërobien oder Anaërobien (Pasteur) sich durch ein ungleiches Sauerstoffbedürfniss unterscheiden oder ob nur biologische Abweichungen ein und derselben Lebensform vorliegen, ist endgültig noch nicht dargethan. Für die Oxydations- und Fäulnissvorgänge im Boden zieht v. Fodor aus seinen Beobachtungen den Schluss, dass die Schizophyten der Nitrification (Schlösing und Müntz) eher „Mikrobacterien", die Schizophyten der Fäulniss dagegen „Desmobacterien mit Glanzsporen" seien.

Bei Beurtheilung des Einflusses, den der Luftzutritt auf die Zersetzung äussert, darf man indessen nicht übersehen, dass derselbe stinkende Fäulnissprodukte durch Ventilation beständig entfernt und damit nicht nur desodorisirend wirkt, sondern auch Körper beseitigt, welche wie Nencki und Wernich angeben, durch ihre Anhäufung die Funktionsfähigkeit der Mikroorganismen lahm legen können.

Selbstverständlich werden derartige Läuterungsvorgänge um so vollständiger vor sich gehen, je besser der Boden mit den dazu er-

*) Mit Chamäleon bestimmt.

forderlichen Eigenschaften ausgerüstet ist, je länger das Wasser in demselben verweilt und je grössere Strecken es durchläuft.

Aber der Boden ist nicht minder im Stande auf die Zusammensetzung des Wassers im entgegengesetzten Sinne einzuwirken, da er selbst Bestandtheile an dasselbe abgibt.

Zunächst geht eine Veränderung im Gasgehalt des versickernden Meteorwassers vor sich, der Sauerstoff wird zu Oxydationszwecken vom Boden absorbirt und dafür Kohlensäure an das Wasser abgegeben.

Reichardt hat diesen Austausch experimentell nachgewiesen, indem er Regenwasser mit Torf zusammenbrachte und den Gasgehalt von Zeit zu Zeit bestimmte; er fand im Liter Wasser:

Bestandtheile	im Anfang	nach 5 Stunden	nach 48 Stunden	nach 62 Stunden
Gasmenge	22,4 ccm	31,3 ccm	30,2 ccm	31,3 ccm
Sauerstoff	22,0 %	5,9 %	Spur	1,2 %
Stickstoff	64,8 =	79,6 =	50,0 %	47,4 =
Kohlensäure	13,2 =	14,5 =	50,0 =	51,4 =

Der Boden enthält an festen Bestandtheilen, die zur Aufnahme in das eindringende Meteorwasser oder das Grundwasser sich eignen, einerseits die seinen natürlichen, geognostischen Verhältnissen entsprechenden Mineralkörper, andererseits die durch die Vegetation oder in Folge von Düngung und unabsichtlicher Verunreinigung in ihm abgelagerten Stoffe. Gewöhnlich bildet nur eine beschränkte Reihe von Mineralsubstanzen die chemische Zusammensetzung der obersten Schichten der Erdrinde: freie Kieselsäure sowie deren Verbindungen mit Thonerde, Eisen, Calcium, Magnesium und den Alkalien, Carbonate von Calcium, Magnesium und Eisen, Eisenoxyde und Eisenoxydhydrate, Sulfate, Chloride, Phosphate und Nitrate von Calcium, Magnesium und Alkalien. Die Ablagerungen bestehen theils aus einzelnen der genannten Mineralverbindungen, theils aus organischen Stoffen und deren Zerfallsprodukten, besonders Ammoniumsalzen und Nitriten, theils aus organisirten Körpern.

Das Wasser vermag von diesen festen Bodenbestandtheilen manche ungelöst, in feinster Zertheilung, andere in Lösung aufzunehmen und fortzuführen. Die Menge der gelösten Stoffe hängt zum Theil von deren Löslichkeit, von den obwaltenden Temperaturverhältnissen und der Berührungsdauer ab, zum Theil findet das Auflösen eine Beschrän-

kung in der Bindekraft des Bodens. Einige Mineralkörper, wie die Carbonate von Calcium, Magnesium und Eisen, sind an sich in Wasser unlöslich und werden erst mit Hilfe der Kohlensäure in lösliche Verbindungen übergeführt. Die nicht löslichen Silicate, insbesondere die Feldspathe, verwittern unter der andauernden Einwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser und zerfallen in lösliche Kieselsäureverbindungen und unlöslichen Thon.

Im Erdreich findet das versickernde Meteorwasser und das Grundwasser Eisen hauptsächlich als Oxyd, Oxydhydrat und Sulfid vor. Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat werden unter Mitwirkung von reducirenden organischen Stoffen (Torflagern, vermodernden Baumresten u. dgl.) in Oxydul übergeführt und wird dieses vom kohlensäurehaltigen Wasser als Bicarbonat in Lösung aufgenommen.*) Die Eisensulfide bilden bei Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit Eisensulfat, welches vom Wasser gleichfalls gelöst wird.

Durch Abdunsten von Kohlensäure geht das Eisenbicarbonat in unlösliches Eisencarbonat über. Dieses sowie die anderen Ferroverbindungen werden unter dem Einfluss des absorbirten Sauerstoffs je nach ihrer Natur zu Eisenoxydhydrat oder zu basischen Ferrisulfaten umgewandelt, welch' letztere in Wasser schwer oder gar nicht löslich sind. Es entstehen so Trübungen und schlammartige Niederschläge von schwach gelblicher Färbung bis zur dunklen rothbraunen Rostfarbe. Die suspendirten Beimengungen von Eisenverbindungen lassen sich durch Filtriren des Wassers beseitigen, während gegenüber den gelösten Eisensalzen, welche dem Wasser ausser einer schwach gelblichbraunen Färbung noch einen unangenehmen, tintenartigen Beigeschmack ertheilen, die Filtration ohne Erfolg ist.

Durch Auflösen von Calcium- und Magnesiumsalzen verliert das Wasser mehr und mehr an der ursprünglichen Weichheit, es wird durch einen hohen Gehalt an solchen hart.

Die Härte. Vom weichen Wasser unterscheidet sich das harte hauptsächlich durch gewisse Unzukömmlichkeiten im Gebrauch für Haushalt und Gewerbe, indem es sich zum Waschen, Kochen und Dampfkesselbetrieb, sowie zu manchen technischen Operationen weniger eignet.

Das Waschen mit hartem Wasser kann nur unter Verlust an Seife geschehen, weil die Calcium- und Magnesiumsalze sich mit der löslichen Oelsäure der Seife zu unlöslichen, pflasterähnlichen Verbindungen umsetzen. Man kann mit F. Fischer annehmen, dass das Wasser pro Liter mit jedem Härtegrad etwa 120 mg gute Kernseife vernichtet, z. B. 1 Liter eines Wassers von 25° Härte 3 g und 1 cbm desselben 3 kg Seife. Die Härte des Wassers bedingt aber ausser dem grösseren Seifenverbrauch noch den Uebelstand, dass die gebildeten Kalk- und Magne-

---

*) Ein interessantes Beispiel hierfür ist das frühere Trinkwasser zu Leipzig (F. Hofmann[11])).

siaseifen sich beim Waschen auf der Haut beziehungsweise in den Fasern der gewaschenen Stoffe, besonders der Wolle, festsetzen, was für die letzteren zur Folge hat, dass sie nach dem Trocknen weniger weich als früher und übelriechend werden.

In gleicher Weise bilden Kalk und Magnesia auch bei heissen Aufgüssen und beim Kochen von manchen Nahrungs- und Genussmitteln mit Bestandtheilen derselben unlösliche Verbindungen, wodurch z. B. das Weichwerden der Gemüse (Hülsenfrüchte) behindert und das Ausziehen von Thee und Kaffee beschränkt wird, so dass man von den letzteren, um Getränke von gleicher Güte zu bekommen, grössere Mengen aufwenden muss (Knapp[12]).

Die Erdalkalien haben ferner die nachtheilige Eigenschaft, dass sie den Kesselstein in Kochgeschirren und Dampfkesseln bilden, in welchen derselbe indirekt die Veranlassung von Explosionen werden kann.

Zunächst sind es die Carbonate, welche sich, sobald die freie und halbgebundene Kohlensäure in Folge der Erwärmung des Wassers entweicht, an der Gefässwandung niederschlagen, jedoch sind dieselben, weil sie zumeist nur einen pulverigen, weniger fest sich ablagernden Niederschlag bilden, für den Dampfkesselbetrieb nicht so sehr gefürchtet als die Sulfate und zumal der Gyps, welche eine dichte Kruste ansetzen.

Den Gehalt an Calcium- und Magnesiumsalzen drückt man gewöhnlich in Härtegraden aus; in Deutschland entspricht einem Härtegrad 1 Theil Calciumoxyd (oder der äquivalente Theil Magnesia) in 100 000 Theilen Wasser oder 10 mg Kalk im Liter.

Es fehlt uns eine Vereinbarung darüber, bei welchem Härtegrad ein Wasser als weich oder hart zu bezeichnen ist. Gewöhnlich nennt man in der Technik ein Wasser, das nicht mehr als 10° Härte hat, noch weich und erklärt ein Wasser mit mehr als 18° Härte als zu hart für die allgemeine Versorgung[13]. In England gilt das Wasser als weich bei 2,5 bis 4, als ziemlich hart bei 5 bis 8, als hart bei 8 und als sehr hart bei 12 deutschen Härtegraden.*)

Zum Unterschiede von der durch die Sulfate und Chloride bedingten permanenten oder bleibenden Härte, welche beim Kochen nicht verschwindet, wird die von den Carbonaten des Kalks und der Magnesia hervorgerufene Härte als temporäre oder vorübergehende bezeichnet. Die Gesammthärte, welche im gewöhnlichen Sprachgebrauch einfach „Härte" genannt wird, entspricht der Summe von temporärer und permanenter Härte.

Der Boden verleiht dem Wasser ein seiner Natur und Reinheit entsprechendes Gepräge, und bieten selbst die reineren Wässer, die wir dem Erdreich entnehmen, eine ungleiche Zusammensetzung dar, wie die im Folgenden mitgetheilten Typen des Quellwassers aus verschiedenen Gebirgsformationen Deutschlands zeigen, welche wir den Analysen von Reichardt[14] (S. 33) verdanken.

---

*) Ueber englische und französische Härtegrade siehe Capitel IV, „Untersuchungsverfahren" (S. 148).

Formation	Gegend	1 Liter Wasser enthält mg							Härtegrad
		Rückstand	organische Stoffe	Salpetersäure	Chlor	Schwefelsäure	Kalk	Magnesia	
Granit	Thüringen	24,4	15,7	0	3,3	3,9	9,7	2,5	12,7
„	„	70,0	4,0	0	1,2	3,4	30,8	9,1	43,5
„	Schlesien	210,0	4,7	0	Spur	10,3	44,8	21,0	74,2
Melaphyr	—	160,0	19,2	0	8,4	17,1	61,6	22,5	93,1
Basalt	—	150,0	1,8	0	Spur	3,4	31,6	28,0	60,8
Thonsteinporphyr	—	25,0	8,0	0	0	3,4	5,6	1,8	8,1
Thonschiefer	Steben	120,0	0	0,5	2,5	24,0	50,4	7,3	60,6
„	Sachsen	60,0	17,3	0	8,8	1,7	2,8	3,6	7,8
„	Greiz	70,0	17,0	Spur	2,0	5,0	5,6	1,8	8,0
„	„	180,0	21,0	Spur	10,6	10,0	44,0	10,8	59,1
Bunter Sandstein	—	125,0 bis 225,0	13,8	Spur bis 9,8	4,2	8,8	73,0	48,0	139,6
„	bei Meiningen	300,0	9,1	4,0	3,2	3,4	95,2	7,2	105,0
„	„ Gotha	190,0	4,0	Spur	8,9	27,5	39,2	28,0	78,4
„	„ Rudolstadt	90,0	2,6	0	7,5	0	10,0	3,6	15,0
Muschelkalk	bei Jena	325,0	9,0	0,21	3,7	13,7	129,0	29,0	169,5
Dolomitisch	(Mittelzahlen)	418,0	5,3	2,3	Spur	Spur bis 34,0	140,0	65,0	231,0
Gypsquelle	bei Rudolstadt	2365,0	Spur	Spur	161,0	1108,3	766,0	122,5	927,5

Wesentlich anders gestaltet sich das Bild, wenn der Boden nicht rein, sondern mit Resten des thierischen und pflanzlichen Stoffwechsels, Abfällen des menschlichen Haushalts und werthlosen Nebenerzeugnissen von gewerblichen und industriellen Anlagen durchsetzt ist. Das Wasser hat dann aus dieser Verunreinigung beziehentlich ihren Zerfallsprodukten bald charakteristische Körper als Bestandtheile aufgenommen, welche in reinem Zustande ihm nicht eigenthümlich sind, bald zeigt es nur eine Vermehrung der von Natur ihm zukommenden Bestandtheile. Freilich kann dasselbe auch von diesen im Boden aufgenommenen Stoffen durch Filtration zum Theil wieder befreit werden, wenn es in reinere Schichten der Erdrinde übertritt und noch grosse Strecken derselben durchwandert.

Da die der Erdoberfläche zunächst liegenden Bodenschichten, wenn dieselben nicht aus lockerem Gerölle bestehen, den grössten Theil der eindringenden Verunreinigung zurückzuhalten suchen, wird das Grundwasser durch das von oben versickernde Imprägnirungsmaterial verhältnissmässig wenig und vorwiegend nur dann verunreinigt, wenn es hoch steht, also wenn der Weg, welchen das Sickerwasser nimmt, nur ein kurzer ist.

Erfahrungsgemäss haben denn auch die Brunnen, wenn wir von

den selteneren direkten Zuflüssen von Jauche absehen, bei Weitem stärker unter der Nachbarschaft von Abort- und Versitzgruben, Kloaken, Dünger- und Jauchegruben u. s. w. zu leiden (Pfaff[15]), welche mit ihrer Sohle mehr oder weniger tief in den Boden eingelassen und vermöge der mit der Zeit unvermeidlich eintretenden Durchlässigkeit ihrer Wandungen ganz dazu angethan sind, mit dem Grundwasser in Beziehungen zu treten, indem sie entweder zu einem unmittelbaren Hinzufliessen ihres Inhaltes führen oder mit diesem die im Bereich der Grundwasserschwankungen liegenden Erdschichten durchtränken. Dementsprechend findet man das Wasser im Untergrund von Wohnplätzen gewöhnlich stärker als im unbebauten Lande oder im Ackerboden verunreinigt.[16]

Die Brunnen werden je nach ihrer Tiefe mit grösserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit unter dem Einflusse der genannten Ursachen der Bodenverunreinigung stehen. Man unterscheidet in diesem Sinne zwischen Tiefbrunnen und Flachbrunnen; mit ersteren bezeichnet Frankland eine Brunnentiefe von 30 m und mehr.

Auch möchte man annehmen, dass die Beschaffenheit des Wassers sich mit der Dauer der Bewohnung mehr und mehr verschlechtert, jedoch trifft diese Voraussetzung häufig nur für die erste Zeit zu, da nach wenigen Jahren in manchen Brunnen, wenn der Boden mit Imprägnirungsmaterial gesättigt, ein stationärer Zustand eintritt, in welchem die Verunreinigung des Wassers die gleiche Höhe wie bei Brunnen aus Grundstücken, die seit Jahrzehnten bebaut sind, erreicht und auf dieser Höhe verharrt.

a) Beschaffenheit des Wassers aus bewohntem Boden.

Die Brunnen einer Stadt zeigen gewöhnlich weit auseinander gehende Unterschiede in der Qualität des Wassers, wie die auf S. 24 und 25 folgende Tabelle von F. Fischer nachweist, in welcher die Maximal- und Minimalgehalte (mg i. l) von städtischen Brunnenwässern mitgetheilt sind.

Eine kolossale Verunreinigung zeigen nach v. Fodor's Untersuchungen (Herbst 1876 bis Ende 1879) viele Brunnen der Stadt Budapest, deren Maxima 5845 mg Rückstand, 880 mg org. Substanz (mit Chamäleon bestimmt), 777 mg Chlor, 1350 mg Salpetersäure, 218 mg salpetrige Säure und 130 mg Ammoniak betragen. Ein gutes Trinkwasser, das übrigens nicht so selten in der Stadt sich findet, enthält 275 mg Rückstand, 13,0 mg organische Substanz, 9,5 mg Chlor, 19,8 mg Salpetersäure, keine salpetrige Säure, 0,06 mg Ammoniak i. l.

Es ist eine eigenthümliche Erscheinung, dass man bei Untersuchung der Brunnenwässer einer Stadt grossen Unterschieden im Reinlichkeitszustande nicht selten auch dann begegnet, wenn die in Vergleich gezogenen Brunnen in Hinsicht der Verunreinigung, welche dem sie umgebenden Erdreiche zu Theil wird, scheinbar unter gleichen Bedingungen gestanden haben.

Solche Abweichungen können uns nur an der Hand der, im Wesentlichen durch die Arbeiten von C. Flügge[17] experimentell begründeten, alten Erfahrung verständlich werden, dass die Zusammensetzung des Grundwassers nicht minder eine Funktion der physikalischen Verhältnisse als der chemischen Beschaffenheit des Bodens ist. Unsre Brunnen werden gespeist einerseits durch das im Bereich ihres Wassermantels von der Erdoberfläche in den Boden eindringende Wasser, andererseits und zumeist vorwiegend durch das im Boden vorhandene, beziehungsweise in der unterirdischen Drainage zufliessende Grundwasser. Je nach dem Verhältnisse dieser Componenten in Hinsicht ihrer Menge und Beschaffenheit, je nach der räumlichen Entfernung des Brunnens vom Ursprung der Verunreinigung (Erdoberfläche, Abortgruben u. dgl.) wird unter sonst gleichen Bedingungen der Reinlichkeitszustand des Wassers ein anderer sein und der chemnische Befund die Verunreinigung einer begrenzten Lokalität mehr oder weniger richtig anzeigen können.

Für die Ergiebigkeit der Speisung, sowie das Vorherrschen der vertikalen oder horizontalen Zuströmung ist der Grad der Durchlässigkeit der Bodenschichten maassgebend, so dass wir Unterschiede zwischen Brunnen im dichten und lockeren Boden zu erwarten haben und Abweichungen davon finden werden, wo die nächste Umgebung eines im dichten Boden stehenden Brunnens von durchlässigem Erdreich gebildet wird, oder wo sich im lockeren Boden weniger durchlässige Schichten einschieben. Der Zufluss von der Erdoberfläche kann überdies durch ein starkes Gefälle derselben beschränkt sein.

Die Zusammensetzung des dem Brunnen zuströmenden Wassers hängt nicht sowohl von der ursprünglichen Beschaffenheit der Zuflüsse als von der Leistung jener Wechselwirkung ab, durch welche der Boden und das ihn durchdringende Wasser sich gegenseitig läutern und verunreinigen. Es fällt dabei mit der mechanischen Struktur und Korngrösse des Bodens die früher erwähnte Bindekraft wesentlich ins Gewicht, d. h. die grössere oder geringere Fähigkeit des Erdreichs, das Imprägnirungsmaterial und dessen Zerfallsprodukte gegenüber dem Wasser zurückzuhalten und zum Theil auf

Orte		Chlor	Schwefelsäure (SO_3)	Salpetersäure (N_2O_5)	Salpetrige Säure (N_2O_3)	Ammoniak
Apolda		489	615	608	—	—
Barmen	Max.	260	—	550	—	stark
	Min.	10	—	8	—	0
Basel	Max.	90	78	400	—	—
	Min.	5	2	2	—	—
Bern	Max.	128	80	652	0,4	2,0
	Min.	9	17	19	Spur	0,1
Berlin	Max.	342	485	358	—	—
	Min.	4	41	6	—	—
Bonn	Max.	235	122	334	stark	stark
	Min.	14	30	Spur	0	0
Karlsruhe	Max.	147	70	214	Spur	0
	Min.	11	30	10	—	0
Coblenz	Max.	165	173	229	—	—
	Min.	15	13	Spur	—	—
Darmstadt	Max.	239	177	380	sehr stark	sehr stark
	Min.	9	0	10	sehr schwach	sehr schwach
Dorpat	Max.	600	255	816	—	26,0
	Min.	6	8	1	—	0,2
Fürth	Max.	456	141	463	—	1,3
	Min.	24	19	11	—	0,6
Hamburg	Max.	433	389	387	Spur	0
	Min.	21	25	0	0	0
Hannover	Max.	838	991	476	sehr stark	104,4
	Min.	36	37	7	0	0
Hildesheim	Max.	—	—	342	—	—
Königsberg	Max.	340	118	114	11,4	5,0
	Min.	11	9	3	0	0,1
Leipzig	Max.	—	—	437	sehr stark	19,0
	Min.	—	—	Spur	0	0
Linden	Max.	310	364	220	stark	sehr stark
	Min.	42	80	52	Spur	Spur
Magdeburg	Max.	886	450	1130	stark	0,2
	Min.	192	253	113	—	0,1
Mailand	Max.	313	—	420	—	7,8
	Min.	9	—	1	—	0,2
Otterndorf	Max.	426	491	247	Spur	47,4
	Min.	72	29	Spur	0	0
Rotenburg		18	3	13	0	0

Organisches	Kalk	Magnesia	Härtegrad	Bemerkungen
53	470	252	82	*Reichardt,* Grundlagen. S. 41.
150 0	— —	— —	— —	*Bulk,* Ztschr. d. Niederrh. Vereins f. öff. Ges. 1873, S. 199; 1876. S. 45. 51 Analysen.
— —	247 46	45 3	— —	*Goppelsröder,* Verhandl. der naturf. Ges. in Basel. 1872. 22 Brunnen.
sehr stark Spur	342 122	37 19	— —	*Aeby,* Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 5. S. 212. 11 Brunnen.
717 88	612 141	154 13	— —	*Reich,* Die Salpetersäure in Brunnenwässern. 25 Brunnen.
49 5	— —	— —	— —	*Finkelnburg,* Ztschr. d. Niederrh. Ver. f. öff. Ges. 1873. S. 25. 48 Brunnen.
— —	283 90	48 13	— —	*Weltzien-Birnbaum,* Brunnenwässer d. Stadt Karlsruhe. 9 Brunnen.
1268 27	— —	— —	35 18	*Zwick,* Ztschr. d. Niederrh. Ver. f. öff. Ges. 1874. S. 204. 56 Brunnen.
105 7	351 37	88 0	— —	*Schulze,* Vorarbeiten für d. Wasserversorgung Darmstadts. 36 Brunnen.
— —	316 115	508 37	103 —	*Schmidt,* Die Wasserversorgung Dorpats. 167 Brunnen.
184 11	282 104	140 33	44 15	*Langhans,* Vierteljahrsschr. f. öff. Ges. 1871. S. 21. 6 Brunnen.
243 0	559 33	45 4	— —	*Wibel,* Die Fluss- und Bodenwässer Hamburgs 1876. 10 Brunnen.
4198 Spur	906 107	172 10	110 —	*Fischer,* Trinkwasser; Dingl. pol. J. 1875. Bd. 215, S. 517 u. unveröff. Untersuchungen. 112 Brunnen.
286	—	—	—	*Alberti,* Bericht üb. die Thätigkeit d. Hildesheimer Versuchsstation f. 1874.
190 30	313 26	47 13	38 5	*Beer,* Archiv der Pharmacie. Bd. 209, S. 318. 6 Brunnen.
— —	— —	— —	— —	*Bach,* Die Brunnenwässer der Stadt Leipzig (1874). 101 Brunnen.
112 22	480 160	78 6	— —	*Fischer,* Trinkwasser. 10 Brunnen.
356 stark	647 240	39 28	204 —	*Aeby,* Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 5. S. 213; *Gäde,* Ztschr. f. Epidemiol. 1874. S. 221.
85 8	— —	— —	— —	*Pavesi* u. *Rotondi,* Studii chimico-idrologici. Dingl. pol. J. 1876. Bd. 225. S. 85.
300 40	663 190	120 17	83 22	*Pellens,* Die Wässer Otterndorfs (1876). 17 Brunnen.
246	72	3	8	*Fischer,* Trinkwasser. Torfiger Untergrund.

anderen Wegen, z. B. in Gasform durch die Bodenventilation, abzugeben.

Wenn die unterirdischen Vorräthe für den Charakter des Wassers den Ausschlag geben, wird es darauf ankommen, ob der Brunnen in eine nahezu stagnirende Wasseransammlung oder einen lebhaften Grundwasserstrom mit seiner Sohle eingelassen, ob im letzteren Falle derselbe im Drainagegebiete an tiefer Stelle gelegen ist und so die Verunreinigung von oberhalb liegenden Terrainabschnitten erhält oder nicht.

Indem ich im Uebrigen auf die speciellen Erörterungen im Capitel III (S. 88) verweise, will ich hier noch hervorheben, dass die Beschaffenheit des Grundwassers auch von zeitlichen Faktoren, vorwiegend von den Witterungsverhältnissen abhängt.

An und für sich müssten die atmosphärischen Niederschläge, weil das Meteorwasser naturgemäss einen geringeren Salzgehalt als das Fluss- und Grundwasser hat, auf die Salze der letzteren verdünnend wirken, wenn es nicht auf seinen Wegen zu denselben mancherlei Gelegenheit fände, sich mit Bestandtheilen zu beladen. Je nach der Reinlichkeit der Erdoberfläche und der Bodenschichten, durch die es versickert, je nach der physikalischen Beschaffenheit derselben und der Länge des Weges, den es zurücklegen muss, wird der Effekt des Regens in Hinsicht der Zusammensetzung des Grundwassers ein anderer sein müssen.

A. Wagner[18] hat für den lockeren Geröllboden von München und seiner Umgebung die interessante Thatsache festgestellt, dass die Brunnenwässer der Stadt in den mit atmosphärischen Niederschlägen reichlich bedachten Monaten unreiner sind als in den trockenen, während für die Wasserleitung, welche ihr Wasser aus einer unweit der Stadt gelegenen, noch unbewohnten Gegend (Thalkirchen) entnimmt, sich nachweisen liess, dass die Regenzeit dem Wasser keine Verunreinigung bringt. Da das geognostische Verhalten des Bodens in und ausserhalb der Stadt annähernd übereinstimmt, ist dieser Unterschied in der Wirkung des Regens wohl darauf zurückzuführen, dass die Meteorwässer in der Stadt auf einen mit Abfallstoffen durchtränkten Boden fallen, dagegen im Schöpfgebiete der Wasserleitung ein von den Einflüssen der Bewohnung und Bewirthschaftung noch wenig berührtes Erdreich treffen.

In einer späteren Arbeit über den gleichen Gegenstand bestätigte L. Aubry[19] die Angabe Wagner's und konnte derselben überdies die Erfahrung beifügen, dass in Stadttheilen, welche inzwischen kanalisirt worden waren, die Brunnenwässer eine grössere Reinheit mit der Zeit angenommen hatten, und dass diesen der Regen keine Steigerung des Salzgehaltes mehr brachte.

b) Verunreinigung des Wassers durch Friedhöfe.

Dank einer, unter Berücksichtigung der technischen Bedingungen, zumeist richtig erfolgenden Wahl des für die Beerdigung geeigneten Terrains führen Friedhöfe selten zu Missständen in Hinsicht der Wasserversorgung. Die an vielen Orten angestellten Erhebungen über das Verhalten des Wassers der Brunnen von Friedhöfen zu dem von anderen Grundstücken, haben — freilich zumeist nur nach Maassgabe der chemischen Analyse — im Allgemeinen eine günstigere Beurtheilung den Leichenäckern zu Theil werden lassen, als nach hergebrachten Vorstellungen zu erwarten gewesen war. So lassen Untersuchungen des Grundwassers von München (v. Pettenkofer), Darmstadt (Eigenbrodt), Berlin (Reich), Karlsruhe (Weltzien), Dresden (Fleck), Leipzig (Bach, F. Hofmann), Budapest (v. Rózsahegyi), Hannover (F. Fischer) erkennen, dass das Grundwasser der Friedhöfe weniger mit Fäulnissstoffen verunreinigt ist, als das ihrer Umgebung, beziehentlich von Brunnen, auf welche die Abort- und Versitzgruben u. dgl. eingewirkt haben.

Indessen fehlt es, wie begreiflich, nicht an gegentheiligen, wenn auch im Vergleich zu den anderen, seltenen Mittheilungen, nach welchen Friedhöfe auf das Grundwasser einen schlimmen Einfluss geäussert haben (u. A. vgl. Reichardt[14] S. 83).

Angesichts der Thatsache, dass es gut und schlecht angelegte Friedhöfe gibt, wird sich die Möglichkeit einer Beeinflussung des Grundwassers durch die Leichenfäulniss ebensowenig bestreiten lassen, wie das Gegentheil. Immerhin ist aber einige Vorsicht in der Beurtheilung des Ergebnisses vergleichender Untersuchungen geboten. Man sollte nur die Zahlen von Analysen in Betracht ziehen, für welche das Wasser in der gleichen Zeit geschöpft ist, und bei deren Beurtheilung auch nach der Richtung des Grundwasserlaufes fragen. Ferner darf man nur die chemische Zusammensetzung des Wassers von Brunnen des nämlichen Ortes, welche eine Beziehung zum Leichenacker nicht vermuthen lassen, mit dem Friedhofwasser in Vergleich stellen und nicht etwa die eines aus der Ferne zugeleiteten, an sich viel reineren Quellwassers.

c) Einfluss gewerblicher Anlagen.

Die Fabriken verunreinigen durch ihre Rückstände und Abwässer oft sowohl den Boden und das Grundwasser als auch die Flüsse. Die

Rückstände häufen sich mit der Zeit in der Nähe der industriellen Anlagen so zu sagen zu Bergen an und werden von den atmosphärischen Niederschlägen ausgelaugt, welche die löslichen Bestandtheile oder Umsetzungsprodukte beim Versickern in den Boden zum Grundwasser führen; die Abwässer dagegen werden in Versitzgruben abgelassen, von welchen aus das Grundwasser Bestandtheile aufnimmt, oder in die nächsten Wasserläufe eingeleitet (vgl. F. Fischer[20]).

Es ist eine grosse Zahl von Gewerben und Industriebetrieben, welche in der genannten Weise zu einer Verschlechterung des Wassers und selbst zu einer Gefährdung der Consumenten führen kann. So können aus der Sodafabrikation und der gewöhnlich damit verbundenen Herstellung von Schwefelsäure und Chlorkalk, Arsen, Salzsäure, saure Manganflüssigkeiten, Chlorcalcium, schwefelsaures Calcium, Schwefelcalcium, Kupfer- und Zinkvitriol u. s. w. zum Wasser gelangen.

In welche Calamität eine Soda-Schwefelsäurefabrik die Nachbarschaft durch ihre Rückstände versetzen kann, zeigt folgender, zu München von mir beobachteter Fall, den jüngst E. Egger[21] beschrieben hat. Im Jahre 1874, nachdem längst der Betrieb der Fabrik eingestellt worden war, lagen die Rückstände zu ungeheueren Massen angesammelt da, dem Käufer des Grundstücks zur Last und der Nachbarschaft zur Qual, da sie die Brunnen merklich verdarben und die Luft bei feuchtem Wetter durch Schwefelwasserstoff-Entwicklung verunreinigten. In Folge einer Einsprache wurden die benachbarten Brunnen von mir untersucht und darin je nach der Stromrichtung des Grundwassers und Entfernung von der Fabrik eine starke Verunreinigung auf weite Strecken nachgewiesen. Der Brunnen auf dem Fabrikplatze selbst enthielt, nachdem er gereinigt worden war, 3800 mg Rückstand, 269,8 mg Chlor, 113,2 mg Salpetersäure, 1567,0 mg Schwefelsäure und oxydirte 11,2 mg Kaliumpermanganat, während das Wasser eines Brunnens in der Nähe der Fabrik, der durch seine Lage ausserhalb der Strömung des unter dem Einflusse der Fabrikrückstände stehenden Grundwasserlaufes vor Verunreinigung bewahrt war, 400 mg Rückstand, 13,2 mg Chlor, 49,3 mg Salpetersäure, 23,6 mg Schwefelsäure ergeben und 6,5 mg Kaliumpermanganat oxydirt hatte.

Nachdem dem Besitzer des Grundstücks die Verpflichtung zur Beseitigung der Rückstände in Folge dieser Erhebungen auferlegt worden war, ruhten die Klagen, bis im Jahre 1880 neue Beschwerden laut wurden. Dieselben galten indessen dieses Mal entfernter gelegenen Brunnen in neu entstandenen Strassen und Häusern, die in der von Egger ausgeführten Untersuchung eine Verunreinigung in gleichem Grade erkennen liessen, wie die im Jahre 1874 untersuchten. Es stellte sich heraus, dass man die Fabrikrückstände, um sie los zu werden, überall wo sich ein scheinbar passender Ort darbot, so in ausgebeuteten Sandgruben, abgelagert hatte.

Die Leuchtgasfabriken geben Ammoniak, Rhodanverbindungen und Theerbestandtheile an das Wasser in der Umgebung ab. Die Verunreinigung der Brunnen erfolgt oft auf weite Strecken, so hat F. Fischer

einen 300 m von der Gasanstalt entfernten Brunnen dermaassen verunreinigt gefunden, dass das Wasser ungeniessbar und zu jeder häuslichen Verwendung unbrauchbar war; es sah weisslich trübe aus, roch nach Leuchtgas und hatte einen sehr unangenehmen Geschmack. Die Analyse ergab im Liter an organischen Stoffen 4198,4 mg, Chlor 440,2 mg, Schwefelsäure 991,6 mg, Salpetersäure 2,3 mg, salpetrige Säure 0, Ammoniak 81,6 mg, Kalk 906,1 mg, Magnesia 136,2 mg, ausserdem noch etwa 300 mg Rhodanammonium; Härtegrad 109,7.

Auch weiss man von den Farbenfabriken, dass sie unter Umständen einen nachtheiligen Einfluss auf die Brunnen äussern. Namentlich hat früher die Anilinindustrie — so lange dieselbe mit Arsenik arbeitete, auf dessen Wiedergewinnung sie keinen Werth zu legen hatte — durch Beseitigung der Arsenikrückstände in Senkgruben oder durch Einleitung derselben in Bäche und Flüsse zu Beimengungen von Arsen zum Wasser geführt. Goppelsröder[22], der seit dem Jahre 1864, wo in Basel die ersten Fälle von Vergiftung durch Genuss eines arsenhaltigen Brunnenwassers beobachtet worden waren, dem Gegenstande eingehende Wasser- und Bodenuntersuchungen gewidmet hatte, theilt in seinem Berichte vom Jahre 1872 eine Anzahl von weiteren Beobachtungen hinsichtlich derartiger Erkrankungsvorkommnisse mit.

Zusammensetzung des Wassers städtischer Versorgungen.

Um ein Bild über die Beschaffenheit der Wässer zu geben, welche in Deutschland zu Versorgungszwecken Verwendung finden, entnehme ich dem Werke von F. Fischer die beiden auf Seite 30 und 31 folgenden Tabellen, deren Material aus Erhebungen des Vereins von Gas- und Wasserfachmännern Deutschlands hervorgegangen ist; die Bestandtheile sind in mg pro Liter angegeben.

Menge.

Für die Ergiebigkeit unserer Quellen und Brunnen haben die Witterungsverhältnisse, wie überhaupt für die Menge der Wasservorräthe der Natur eine hohe Bedeutung und zwar nicht nur, weil die letzteren von Meteorwasser gespeist werden, sondern auch insofern, dass sie beim trockenen und warmen Wetter, welches ohnehin den Wasserverbrauch steigert, eine beträchtliche Einbusse erleiden. Da der Boden in Hinsicht der Fähigkeit, das Wasser der Niederschläge aufzusaugen und dem Grundwasser zuzuführen, ein wechselndes Verhalten darbietet und auch der Verlust durch Verdunstung örtliche und zeitliche Unterschiede zeigt, lässt sich aus der Regenmenge nicht mit Bestimmtheit die Ergiebigkeit eines Grundwasser- oder Quellengebietes vorhersagen.

Auf die Grösse der Versickerung ist von Einfluss: Die Con-

a) Quellwässer.

Orte	Chlor	Schwefelsäure (SO_3)	Salpetersäure (N_2O_5)	Salpetrige Säure (N_2O_3)	Ammoniak	Organisches	Kalk	Magnesia	Härtegrade	Kali	Natron	Gesammt-rückstand	Untersucht von
Aschersleben	—	—	Spur	—	—	21	147	39	20	—	—	620	*Reichardt.*
Blankenburg	17	16	—	—	—	33	103	5	11	—	15	241	*Frühling* und *Schul:.*
Chemnitz	8	10	—	—	—	20	8	Spur	1	—	—	73	*Wender.*
Erfurt	16	65	—	—	—	5	78	13	10	—	—	355	*Reichardt.*
Gotha*) I	1	1	—	—	—	—	4	1	0,6	—	—	20	*Reichardt.*
Gotha*) II	2	2	—	—	—	—	3	1	0,4	—	—	24	
Goslar	2	5	—	—	—	0	2	Spur	0,4	1,0	—	23	*Schuhmacher.*
Heilbronn	—	11	0	0	0	2	168	—	17	—	—	32	—
Klagenfurt	—	96	—	—	—	—	76	33	12	—	—	226	*Mitteregger.*
Luzern	Spur	Spur	20	—	—	4	—	—	6	—	—	—	*Stierlin.*
Offenbach **) I	—	—	Spur	fast 0	0	40	—	—	—	—	—	126	*Petersen.*
Offenbach **) II	—	—	Spur		0	30	—	—	—	—	—	92	
Plauen	—	—	—	—	—	—	68	—	7	—	—	—	—
Regensburg	Spur	Spur	Spur	—	—	—	125	Spur	13	3,0	Spur	240	*Braunschweiger.*
Salzburg ***) I	—	3	—	—	—	45	52	34	11	1,3	4,2	222	*Spängler.*
Salzburg ***) II	—	0	Spur	—	—	4	40	3	4	0,1	1,0	86	
Salzburg ***) III	—	21	15	—	—	95	98	28	14	—	—	381	
Ulm	Spur	1	Spur	—	—	4	125	—	13	—	—	237	*Wacker.*
Wiesbaden	4	1	1	—	—	3	7	5	1	1,5	4,9	42	*Fresenius.*
Winterthur	—	—	—	—	—	23	—	—	14	—	—	—	*Sulzer.*
Würzburg	44	184	3	Spur	0,6	3	241	40	30	—	52,1	742	*Ossan* und *Wislicenus.*
Zittau	3	7	—	—	—	4	6	2	1	—	6,5	33	*Stein.*

*) I. Springquelle, II. Carolusquelle.

**) I. Hainebach, II. Wildhofbach.

***) I. Geisbergquelle, II. Fürstenbergquelle, III. Städtische Brunnhausquelle.

b) Grundwässer.

Ort	Chlor	Schwefelsäure (SO_3)	Salpetersäure (N_2O_5)	Salpetrige Säure (N_2O_3)	Ammoniak	Organisches	Kalk	Magnesia	Härtegrade	Kali	Natron	Gesammtrückstand	Untersucht von
Bamberg	—	—	0	0	0	—	—	—	—	—	—	3	*Kerner.*
Bernburg	54	117	Spur	—	—	Spur	52	72	15	—	48	580	*Wackenroder.*
Bochum	27	35	Spur	Spur	0	21	—	—	6	—	—	175	*Hartenstein.*
Bonn	76	42	—	—	—	4	134	29	18	—	121	558	*Wachendorff.*
Crefeld	17	41	Spur	0	0	25	27	7	3	Spur	12	155	*Hoedt.*
Dortmund*) I	23	10	Spur	Spur	0	2	—	—	6	—	20	154	*Muck,*
Dortmund*) II	7	15	Spur	Spur	0	30	—	—	3	—	9	70	*Hartenstein.*
Dortmund*) III	28	13	Spur	Spur	0	27	—	—	5	—	18	140	
Dresden	10	12	3	0	0	1	31	0	3	—	8	124	*Schürmann.*
Düsseldorf**) I	—	27	—	—	—	6	76	—	8	—	—	154	*Mohr* und *Nienhaus.*
Düsseldorf**) II	14	38	10	0,6	3,2	6	41	38	9	—	16	—	*Lutz.*
Düsseldorf**) III	20	27	11	0,5	3,3	1	33	50	10	—	21	—	
Essen	42	24	Spur	Spur	0	27	—	—	5	—	20	181	*Hartenstein.*
Freiburg (Baden)	3	Spur	Spur	0	0	1	9	2	1	Spur	2	—	*Babo* und *Reichardt.*
Gelsenkirchen	32	51	Spur	Spur	0	21	—	—	7	—	—	205	*Hartenstein.*
Grünberg	—	Spur	—	—	—	Spur	—	—	6	—	—	246	*Hirsch.*
Halle a. S.	45	50	0	—	0	6	122	21	15	2	81	441	*Siewert.*
Hannover***)	43	65	2	0	0	18	146	13	16	9	26	440	*F. Fischer.*
Karlsruhe†) I	46	32	18	—	—	33	—	—	19	—	—	538	*Birnbaum* und *Weltzien.*
Karlsruhe†) II	7	30	16	—	—	—	—	—	13	—	—	261	
Leipzig	9	2	—	—	—	11	70	11	9	—	18	229	*Kolbe.*
Mühlheim a. Rh.	23	44	—	—	—	—	75	Spur	8	—	44	—	*Grüneberg.*
Strassburg i. E.	8	11	9	geringe Spur	geringe Spur	2	97	26	13	—	—	258	*Baumann.*
Westend Berlin	12	7	—	—	—	60	169	4	17	—	11	—	*Zureck.*
Witten	27	17	Spur	Spur	0	28	—	—	5	—	—	131	*Hartenstein.*

*) I. Normalwasserstand 1876, II. Hochwasser 1876, III. Mittel 1873. — **) I. Städtisches Wasserwerk, II. Alter Brunnen, III. Neuer Brunnen. — ***) Dingl. pol. J. Bd. 215. S. 517. — †) I. Hochwasserleitung, II. Rüppurer Wald.

figuration und die Beschaffenheit des Bodens, die Vertheilung des Regens auf die einzelnen Jahreszeiten.

Die Gestaltung des Terrains kommt in Betracht, weil je nach der Neigung desselben das Meteorwasser mehr an der Oberfläche abfliesst, als in den Boden eindringt.

In Hinsicht der Beschaffenheit des Bodens ist zunächst die Aufnahmefähigkeit der Oberfläche von wesentlichem Belang. Wie sehr diese Verhältnisse von Bedeutung sind, geht aus dem Unterschiede zwischen Wald und freiem Felde hervor.

Die Erfahrungen der bayerischen Forststationen vom Jahre 1868 haben dargethan, dass die absolute Menge des Sickerwassers im Walde, obgleich dessen Regenmenge um $^1/_4$ niedriger ist, doch diejenigen des freien Feldes erreicht und selbst übertrifft, namentlich wenn der Wald eine Streudecke hat. Im Uebrigen richtet sich die Versickerung nach der Durchlässigkeit der nach dem Grundwasser führenden Bodenschichten und zeigt wie diese grosse Differenzen.

v. Möllendorf und Waege fanden in ihren 1853/54 zu Görlitz ausgeführten einjährigen Beobachtungen die Filtrationsmenge in Thon zu 28,1 %, in Lehm zu 41 %, in gemischtem Sand zu 40,5 % (A. Frühling[23]). Nach Schwartz sickern innerhalb 24 Stunden durch eine Bodenschicht von 10 cm Mächtigkeit und 10 qcm Oberfläche: durch Moor 1 ccm, Sand 5760 ccm, Lehm 1674 ccm, Thon 0,7 ccm (Soyka[9]).

Flügge (l. c.) experimentirte mit glasirten Thonröhren von 1 m Länge und 160 bis 170 qcm Querschnitt im Lichten, in welchen er künstlich zusammengesetzte Bodenproben, fest eingestampft, unter einer constanten Wasserschicht von 1 cm Höhe hielt. Das Ergebniss war

Erdsorten	Filtrationsmenge pro Minute ccm
Reiner grober Kies	∞
Feinkörniger Sand I	103,0
" " II	87,3
Feinster Sand	25,7
3 Thl. Sand I, 1 Thl. Lehm	15,5
1 Thl. Kies, 2 Thl. Sand I, 1 Thl. Lehm	7,4
1 Thl. Sand I, 1 Thl. Lehm	2,1
Reiner Thon resp. Lehm	0

Die Verdunstung ist für die Ergiebigkeit unserer Bezugsquellen von nicht geringerer Bedeutung als die Versickerung; wir haben derselben schon oben gedacht.

Die Wasserversorgung, deren höchster Bedarf in die Zeit der grössten Einbusse durch Verdunstung fällt, verlangt, dass die Leistungsfähigkeit der Quellen und Brunnen eine möglichst

gleichmässige und nicht unbedingt an die Frequenz und Menge des Regens geknüpft sei. Es wird ganz auf die Gegend, die unterirdische Configuration des Wassergebietes, auf die Art der Speisung desselben, die Lage des Ortes der Entnahme, die Vegetation auf dem Regengebiete u. s. w. ankommen, ob die Niederschläge rasch oder langsam, vorübergehend oder nachhaltig auf den Wasserreichthum des Bodens wirken.

Wir finden in dieser Hinsicht grosse Unterschiede, wenn die horizontalen Zuflüsse aus dem Gebirge oder Flachland kommen, wenn z. B. das Grundwasser sich zum Theil aus den unterirdischen Abflüssen von Seen oder vom Schmelzwasser der Gletscher und schneebedeckten Häupter der Hochgebirge oder aus Waldungen speist, in welchen die atmosphärischen Niederschläge ihren Segen als Vorräthe für die trockene Jahreszeit in natürlicher Weise aufspeichern, ferner wenn das Grundwasser- oder Quellengebiet gross oder klein ist, wenn der unterirdische Abfluss nach den Bächen und Flüssen, für welche ihr Drainagegebiet gleichsam als Reservoir dient, langsam erfolgt oder durch ein starkes Gefälle des Bettes und durch Lockerheit der Erdschichten, die es durchströmt, begünstigt wird, wenn der Brunnen an tiefer Stelle im Grundwassergebiete oder an höher gelegenem Orte erbohrt ist u. dgl. mehr.

Es ist von Belang, ob sich das Grundwasser im Zustande der Ruhe oder der Bewegung im Boden befindet, ob das unterirdische Wasserbecken einem See oder Strom vergleichbar ist, und zwar ist im Allgemeinen die Bewegung auf die Ergiebigkeit sowie auf die Beschaffenheit des Wassers von bestem Einfluss.

Die Geschwindigkeit der Grundwasserbewegung zeigt in Anbetracht, dass ihre beiden Faktoren (Durchlässigkeit des Bodens und Gefälle der undurchlässigen Schicht) sehr variiren, oft für einen und denselben Ort grosse Unterschiede. Man trifft daher bald Brunnen, deren Wasserspiegel selbst bei tagelang fortgesetztem Pumpen mit Zuhilfenahme von Dampfkraft nur um wenige Centimeter sinken, bald Brunnen, deren Wasservorrath durch die Pumpe schon nach einer Stunde erschöpft wird, weil die Zuflüsse zum Schacht nur äusserst langsam erfolgen.

Hess[23)] (S. 26) bestimmte die Geschwindigkeit des Grundwassers in der Gegend zwischen dem Fuhsekanal und der Aller, deren Boden aus reinem, ziemlich grobkörnigem Diluvialsand besteht, indem bei Hochwasser in der Aller die Zeit ermittelt wurde, innerhalb welcher das in Folge des Anschwellens des Flusses eintretende Steigen des Grund-

wassers in den vom Flusslaufe entfernter gelegenen Brunnen sich bemerkbar macht. Er fand dieselbe in einer Versuchsreihe:

in 47 bis 140 m Entfernung v. Flusse	5 Tage,	also pro Tag ca.	10 bis 28 m
351 m ″	17 ″	″	20 m
468 m ″	19 ″	″	24 m
584 m ″	21 ″	″	28 m

Nach Beobachtungen von Thiem[24] haben in den Alluvionen des Rheinthales oberhalb Strassburg die Grundwasserströme ein Gefälle von 0,6 auf 1000, in den Alluvionen des Lechthales oberhalb Augsburg (im Siebentischwalde) von 3 auf 1000. Der Untergrund war in beiden Fällen ein dicht geschichteter Kies mit Sand, der an Durchlässigkeit die Schichten der Münchener Hochebene durchaus nicht übertrifft. Trotz des geringen Gefälles wurden bei einer Absenkung des natürlichen Grundwasserspiegels von 0,8 m einem einzigen Brunnen in der Rheinebene 110 Liter in der Sekunde dauernd entnommen, während in der Lechebene 62,5 sl das Resultat bei 1,74 m Depression war. Annäherungsweise haben Gruner und Thiem[25] aus dem zeitlichen Verlauf der Grundwasserschwankungen die Geschwindigkeit für das Strassburger Beobachtungsfeld auf 166 m per Tag berechnet.

Auf der Strecke Deisenhofen-Aschheim (Oberbayern) wies Thiem bei einer Mächtigkeit der wasserführenden Schicht von mindestens 8 m ein Gefälle des Grundwasserstromes von durchschnittlich 3,26 auf 1000 nach.

Nach v. Fodor beträgt die Strömung des Grundwassers im natürlichen Sandboden von Budapest ca. 66 m pro 24 Stunden.

Wie sehr die Geschwindigkeit des Grundwasserlaufes gering sein kann, zeigt eine von Escher v. d. Linth und Bürkli[26] mitgetheilte Beobachtung, der zufolge dieselbe in einer Kiesschicht nur 0,7 m in 24 Stunden betrug, so dass das Wasser erst in 4 Jahren den Weg von 1 km zurücklegen würde.

Quellen bezeichnet man als continuirliche, wenn sie in Folge ihrer Speisung aus mächtigen Gebieten im Laufe der Jahreszeiten eine einigermaassen gleiche Ergiebigkeit darbieten, als periodische, wenn ihre Leistungsfähigkeit von den Witterungsverhältnissen abhängt, als intermittirende, wenn sie in Folge einer eigenartigen geognostischen Anordnung des unterirdischen Wasserbeckens sowie seines Ab- und Zuflusses von Zeit zu Zeit plötzlich versiegen und alsbald auf einmal wieder laufen.

Temperatur.

Das Grundwasser zeichnet sich vor den anderen Bezugsquellen der Versorgung im Allgemeinen durch eine grössere Gleichmässigkeit der Temperatur aus. Im einzelnen Falle wird der Wärmegrad bedingt sowohl durch die von der Erdoberfläche vertikal in den Boden eindringenden Wärmemengen als auch durch die Temperatur der beiden naturgemässen Componenten des Wassers unserer Brunnen, d. h. der an

Ort und Stelle versickerten atmosphärischen Niederschläge und des im unterirdischen Strome zufliessenden Grundwassers. Demnach kommen ausser den nach Tages- und Jahreszeiten wechselnden Temperaturverhältnissen an der Erdoberfläche noch eine Reihe von Faktoren hier in Betracht, so die Eigenthümlichkeiten des Bodens in wärmeökonomischer Beziehung, die Tiefe des Wasserspiegels, die Geschwindigkeit sowie die Art des Ursprungs des Grundwassers, und die Zeit, in welcher die aus der Ferne kommenden Zuflüsse zum Orte der Entnahme gelangen u. dgl. mehr. Man darf übrigens schon in Anbetracht der gewöhnlich doch sehr geringen Geschwindigkeit des Grundwassers gemeinhin annehmen, dass die Temperatur des Wassers den Wärmeverhältnissen der Erdschichten entspricht, aus welchen es entnommen wird.

Da der Boden in einer gewissen Tiefe, welche einestheils von den Temperaturbedingungen an der Erdoberfläche, anderentheils von seinem Verhalten in Bezug auf Wärmeabsorption und Ausstrahlung, Wärmecapacität und Leitungsvermögen u. s. w. abhängt, aufhört, den täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen zu folgen, wird auch das Wasser aus diesen Bodenschichten eine der mittleren Jahrestemperatur entsprechende, gleichmässige Wärme erreichen, dagegen in einer geringeren Tiefe an dem äusseren Temperaturwechsel mehr oder weniger sich betheiligen.

Dringt man von der Bodenschicht, welche keine Temperaturschwankungen mehr erkennen lässt, in das Erdinnere noch tiefer ein, so wird die Wärme höher und höher gefunden, und zwar entspricht im Durchschnitt einem Tiefergehen von 90 bis 100 Fuss (etwa 27 bis 30 m) eine Temperaturzunahme von 1° C.

In Deutschland verschwinden nach J. Müller[27] schon bei einer Tiefe von 2 Fuss (etwa 0,6 m) die täglichen Temperaturschwankungen und ungefähr in einer Tiefe von 24 m auch die jährlichen. Nach Beobachtungen, die in Brüssel in den Jahren 1834 bis 1837 angestellt worden sind, betragen die Schwankungen der Temperatur im Laufe eines Jahres

bei einer Tiefe von	0,19 m	13,28 °C.
	0,45 m	12,44 „
	0,75 m	11,35 „
	1,00 m	10,58 „
	1,95 m	7,59 „
	3,90 m	4,49 „
	7,80 m	1,13 „

In welchem Maasse die verschiedene specifische Wärme und Leitungsfähigkeit der Bodenarten die Wärme der Erdrinde beeinflussen kann,

zeigen folgende Angaben von Versuchen, die Forbes in Edinburgh ausgeführt hat.

Bodenart	Jährliche Temperaturschwankungen in einer Tiefe von			
	1 m	1,9 m	3,9 m	7,8 m
	° C.	° C.	° C.	° C.
Trapp	10,53	6,61	3,5	0,80
Sand	11,23	8,30	4,19	1,16
Sandstein . . .	9,58	7,72	5,22	2,28

Unterschied zwischen Quell- und Brunnenwasser.

Wenn man im gewöhnlichen Sprachgebrauch zwischen Quellwasser und Grund- oder Brunnenwasser unterscheidet, so kennzeichnen diese Begriffe wohl zutreffend die Art, wie das Wasser in die Erscheinung tritt, aber sie geben weder für die Entstehung noch die Zusammensetzung desselben einen bezeichnenden Ausdruck, denn die Quellen liefern wie die Brunnen Grundwasser, nur tritt das Quellwasser freiwillig zu Tage, im Gegensatz zum Brunnenwasser, das künstlich erschlossen und mit mechanischen Mitteln gehoben wird.

Es kann das Quellwasser darum sehr wohl in gleicher Weise wie das Brunnenwasser verunreinigt sein, namentlich wenn die Quellenbildung auf das eigentliche Grundwasser d. h. das auf der ersten undurchdringlichen Schicht lagernde Bodenwasser zurückzuführen ist. Gibt eine solche Quelle die Veranlassung zur Ansiedelung von Wohnstätten, so wird die mit der Zeit nicht ausbleibende Durchtränkung des Erdreichs mit Auswurfstoffen auf ihr Speisungsgebiet unter gleichartigen Bodenverhältnissen nicht anders wirken können, als auf die gegrabenen Brunnen der Wasserversorgung.

Wir finden für die Richtigkeit dieser Voraussetzung in der praktischen Erfahrung manchen lehrreichen Beleg, so werden z. B. die Quellen („Freiflüsse"), welche in München die Brunnthaler Wasserleitung speisen, in der Qualität des Wassers von manchen Brunnen der Stadt übertroffen, seit die Vorstädte Haidhausen, Giesing und Au ihren nachtheiligen Einfluss mehr und mehr auf die Bodenbeschaffenheit geltend machen.

Im Uebrigen ist freilich das Brunnenwasser häufiger als das Quellwasser verunreinigt, aber — wenn wir von der Verschiedenheit der Quellenbildung noch absehen — vorwiegend deshalb, weil man die Brunnen aus Bequemlichkeitsrücksichten nicht ausserhalb

des Wirkungsbereichs der Bewohnung des Bodens herstellt, sondern innerhalb der bebauten und bewohnten Grundstücke gräbt, ohne für den Schutz gegen die unmittelbaren Zuflüsse von Jauche genügend Sorge zu tragen oder der Nachbarschaft von Versitz-, Dünger- und Abortgruben aus dem Wege zu gehen.

Da in der Erdrinde mehr oder minder ausgebreitete, undurchdringliche Schichten zwischen das lockere Erdreich eingelagert sind, die eine unebene Configuration und eine verschiedene Neigung zur Erdachse haben können, trifft man beim Durchbohren der ersten undurchlässigen Bodenschicht und beim Tieferdringen gewöhnlich noch andere Wasseransammlungen, die einzeln oder vereinigt gleichfalls Quellen bilden können. Quellen dieser Art versprechen mitunter ein reineres Wasser als andere, allerdings nur wenn ihr Speisungsgebiet unbewohnt ist, beziehentlich wenn die Wasseradern, wo sie unter bewohntem Terrain hinwegziehen, nach oben durch eine undurchlässige Schicht vor Verunreinigung geschützt sind.

Einwände gegen die Quellenlehre. Unsere Auffassung, dass das Grundwasser und mit ihm die Quellen durch das Eindringen des Meteorwassers in den Boden entstehen, schliesst sich der, zur Zeit noch allgemein anerkannten, alten Quellenlehre an, welche Aristoteles gelehrt und Vitruv begründet hat. Ueber dieselbe sind im Laufe der Jahrhunderte wiederholt Zweifel geäussert worden, so von Seneca, Perrault, de la Hire u. A., ohne dass sie durch die erbrachten Gegenbeweise aus der praktischen Erfahrung des Gartenbaues und der Landwirthschaft hätte erschüttert werden können.

Im Jahre 1877 hat neuerdings Volger[28] die Thatsachen, auf welche die bisherige Deutung des Ursprunges der Quellen sich stützt, in Abrede gestellt, indem er glaubt, an der Hand von Beobachtungen, nach welchen die Niederschläge thatsächlich nur langsam und nicht tief in den Boden eindringen, die Unhaltbarkeit bewiesen, und mit der Behauptung, dass das Grundwasser durch Condensation von Wasserdampf aus der Grundluft entstehe, die richtige Lösung des Räthsels gefunden zu haben. Wie die älteren Gegner hat auch Volger nur lokale Bodenverhältnisse berücksichtigt und die von diesen gemachten Erfahrungen verallgemeinert, anstatt die Frage nach der Entstehung des Grundwassers in allen Theilen des Drainagegebietes zu verfolgen; mit anderen Worten, sein Gegenbeweis lässt ausser Rechnung, dass das Grundwasser unterirdischen Wasserläufen angehört, welche nicht unbedingt auf die Speisung an Ort und Stelle der Entnahme angewiesen sind.

Dass die Bodenfeuchtigkeit und ein Theil des Grundwassers aus der Verdichtung von Wasserdampf entsteht, ist eine längst bekannte Thatsache, jedoch ist dieser Faktor keineswegs von Belang, da die Condensation fast ausschliesslich auf Temperaturerniedrigung ohne Mitwirkung der Flächenattraktion beruht und die Differenz im Wassergehalt zwischen der gesättigten, aber etwas kühleren Bodenluft und der wärmeren Aussen-

luft mit ungefähr 50 bis 60 % relativer Feuchtigkeit zu gering ist, als dass grössere Mengen verdichtet werden könnten. Die Wasseraufnahme durch Flächenanziehung geht nur im völlig trockenen Boden, also eher an der Erdoberfläche als in der Tiefe vor sich (C. Flügge[29]).

Die von Volger vertretene Meinung beansprucht nicht lediglich theoretisches Interesse, vielmehr hat sie für die öffentliche Gesundheitspflege eine praktische Bedeutung, insofern mit der Behauptung einer ausschliesslichen Entstehung des Grundwassers aus der Grundluft zugleich der Ausspruch gethan worden war, dass in die tieferen Bodenschichten des Untergrundes der Städte und in das Grundwasser, die Veruneinigungen, welche die Erdoberfläche erfährt, nicht hinabgelangen. Das im Boden auf die gedachte Weise entstehende Wasser sei vielmehr „eine wahre aqua destillata, welche je nach der Beschaffenheit der leitenden und beherbergenden Schichten Spuren von deren Mineralstoffen aufnimmt, zugleich aber auch durch deren belebenden Kohlensäuregehalt einen hohen Vorzug besitzt". Wenn nur die äussersten Vorsichtsmaassregeln in der Umgebung der Brunnen getroffen würden, habe man eine Verunreinigung derselben gar nicht zu befürchten. Ueberhaupt sei der Untergrund unserer Städte durchaus nicht so unrein, als man ihn häufig hinstellt, und wo man ihn verunreinigt finde, sei doch in Betracht zu ziehen, dass die meisten Städte auf Niederungen, auf sog. Anschwemmungsboden liegen und dass sich in diesem häufig Züge, alten Flussbetten entsprechend, finden, welche mit Moorablagerungen erfüllt sind.

Diese allzu gute Meinung vom Reinlichkeitszustande des Untergrundes unserer Städte hat in der täglichen Erfahrung schon längst eine Widerlegung gefunden. Ich will gern zugeben, dass selbst die in bewohntem Boden hergestellten Brunnen ein verhältnissmässig reines Wasser versprechen, wenn zeitig zweckmässige Vorkehrungen zur Beseitigung der Abfallstoffe getroffen worden sind. Ist aber der Boden einmal mit Stadtlauge durchtränkt, so lässt das Einstellen des Betriebes der Abort- und Versitzgruben keineswegs eine alsbaldige Bessernng des Wassers erwarten. Wohl wird ein Erfolg, wenn auch ein sehr ungleichmässiger, in den einzelnen Brunnen mit der Zeit bemerkbar werden, aber bis alle Spuren des früheren Zustandes verwischt sind, können Jahre vergehen, wie die Beobachtung der Brunnen in neu kanalisirten Städten lehrt.

Der artesische Brunnen.

Bisher wurde von uns vorwiegend das einfachste Verhältniss der Quellenbildung berührt, indem wir annahmen, dass das Grundwasser, indem es auf der ersten undurchlässigen Bodenschicht sich fortbewegt, von selbst zu Tage tritt. Wir haben aber noch den Fall näher ins Auge zu fassen, dass an einer tiefer gelegenen Stelle im Drainagegebiete eine undurchlässige Schicht sich zwischen Erdoberfläche und Grundwasser derart einschaltet, dass zwei unterirdische Wasseransammlungen über einander entstehen, von welchen auch die untere ihr Speisungsgebiet an der Erdoberfläche besitzt, jedoch höher ge-

legen und oft viele Meilen weit entfernt. Wie oben bereits erwähnt, findet man bei Bohrversuchen nicht selten mehrere solcher Grundwasseretagen über einander.

In Folge des Ursprungs in höherer Lage und der Anordnung zwischen undurchlässigen Schichten steht in den unteren Etagen das Wasser bisweilen unter einem so hohen hydrostatischen Druck, dass dasselbe — wenn es in der Quelle freiwillig ans Tageslicht kommt oder durch den Bohrer erschlossen wird — nicht nur bis zur Erdoberfläche dringt, sondern sich selbst in einem kräftigen Strahle über dieselbe erhebt und so eine Naturerscheinung darbietet, die wir im physikalischen Experimente durch Anbohren des tiefsten Punktes einer mit Wasser gefüllten communicirenden Röhre nachahmen können.

Brunnen dieser Art bezeichnet man als artesische und zwar nach der Grafschaft Artois, in welcher der erste zu Lillers (Depart. Pas de Calais) im Jahre 1126 erbohrt worden sein soll. Eigentlich stammt die Kunst, artesische Brunnen herzustellen, aus China und ist dieselbe von dort zuerst nach Russland gekommen; die Chinesen haben mit dem Bohrer Tiefen bis zu 3000 Fuss erreicht (Rossmässler).

Die artesischen Brunnen sind für wasserarme Gegenden von der grössten Wohlthat und haben an manchen Stellen Niederlassungen ermöglicht, welche ohne sie öde und wüst sein würden, so ist u. A. ihr segensreicher Einfluss an mehreren Stellen der Sahara zur Geltung gekommen, wo man auf Anregung des Generals Desvaux seit dem Jahre 1854 mit Erfolg Bohrungen ausgeführt hat.

Beschaffenheit.

Das artesische Wasser zeigt im Vergleich zum Brunnenwasser vom nämlichen Orte sich noch ärmer als dieses an Sauerstoff, enthält bald mehr, bald weniger Kohlensäure und mineralische Bestandtheile, namentlich Kalk, Gyps und Kochsalz; mitunter kommen Schwefelwasserstoff und Kohlenwasserstoffe darin vor.

In Hinsicht der Qualität des Wassers darf man sich sonach nicht der Erwartung hingeben, dass dieselbe unbedingt besser sein müsse, als die des Grundwassers, weil das artesische Wasser durch die erste undurchlässige Bodenschicht gegen die Einflüsse von oben geschützt sei. So wies Schnitzer[30] nach, dass in Erlangen die Wässer von artesischen Brunnen aus ein und derselben geognostischen Formation (Keuper) in ihrer Zusammensetzung ausserordentliche Ver-

schiedenheiten zeigen und dass ihre Reinheit mit der Tiefe nicht zunimmt:

Tiefe in Fuss	artesische Brunnen in Erlangen	1 Liter Wasser enthält mg		
		Rückstand	organ. Substanz	Kalk
99	bei Fischer auf den Werken . . .	245	13	67
127	bei Benker am Pohlenplatz	128	9	49
680	auf dem Pohlenplatz	3060	52	464

In München hat man bei den wenigen artesischen Bohrungen, welche überhaupt dort gemacht worden sind, schon Wasser erhalten, welches so viel Schwefelwasserstoff oder so viel Eisen enthielt, dass es nicht verwendbar war und die Bohrlöcher wieder verschlossen werden mussten[31].

Es mögen hier Analysen von guten artesischen Wässern Raum finden, welche in München für Brauereizwecke in Gebrauch sind.

Bestandtheile	nach L. Aubry (IX. 1870) enthält 1 Liter Wasser		nach J. Singer (1860) enthält 1 Liter Wasser	
	aus der Brauerei z. Spaten (G. Sedlmayr)		artes. Brunnen d. Leistbräu-anwesens (J. Sedlmayr) 74,3 m tief	der Brunnthaler Leitung
	artes. Brunnen 87,6 m tief	Pumpbrunnen		
	mg	mg	mg	mg
Rückstand	240,0	681,0	335,0	443,0
Kieselsäure	14,6	8,4	12,0	7,0
Schwefelsäure	6,2	34,8	13,0	21,0
Chlor	0,3	47,8	13,1	20,0
Salpetersäure	12,5	86,9	29,1	96,8
Schwefelwasserstoff . . .	Spur	0	0	0
Kali	5,2	26,8	12,6	12,0
Natron	32,6	39,2	19,3	23,0
Ammoniak	0	Spur	0	0
Kalk	46,7	174,2	91,7	109,0
Magnesia	24,3	56,0	31,4	45,0
Eisenoxyd mit Thonerde .	1,0	0,7	3,0	1,0
Organ. Bestandtheile . .	22,5	75,0	17,0	23,0
Kohlensäure d. Bicarbonate	160,6	309,0	197,4	186,6
Halbgebundene Kohlensäure	80,3	154,5	98,7	93,3
Freie Kohlensäure . . .	0	0	0	0

Menge.

Die Leistungsfähigkeit der artesischen Brunnen ist aber nicht nur nach Qualität sondern auch nach Quantität des Wassers eine sehr verschiedene. Bei vielen derartigen Anlagen ist die Menge eine sehr

reichliche, bei anderen erwies sich die Ergiebigkeit so gering, dass die Mühe der Bohrung schlecht gelohnt worden war.

Temperatur.

Für die Temperatur des Wassers der artesischen Brunnen ist deren Tiefe maassgebend, bei einer Tiefe von mehr als ca. 24 m steigt im Verhältniss der Zunahme der Temperatur im Erdinneren auch die Wärme des Wassers. Der bekannte Brunnen von Grenelle ist 548 m tief und sein Wasser zeigt eine Wärme von 28 ° C.

Die Bäche und Flüsse.

Die oberirdischen Gewässer setzen sich, wie eingangs bemerkt, aus Zuflüssen verschiedener Art zusammen, welche insgesammt mehr oder weniger geeignet sind, die Qualität des Wassers zu beeinträchtigen.

Verunreinigung.

Den Bächen und Flüssen können besonders die als Tagewasser zufliessenden, atmosphärischen Niederschläge und die in offenen Rinnsalen oder in Kanälen zugeleiteten Abwässer der Wohnplätze und der Gewerbe oder Fabriken viel Verunreinigung zuführen, wenn die ersteren bei der Bespülung der Erdoberfläche und der darauf befindlichen Gegenstände Bestandtheile aller Art aufgenommen und die letzteren sich mit Schwemmstoffen und löslichen Abfällen des menschlichen und thierischen Haushaltes beladen haben. Diese Componenten wechseln nach Tages- und Jahreszeiten selbst für ein und denselben Ort in ihrer Menge, sowie in der Art und Concentration des in ihnen enthaltenen Unrathes. Begreiflicherweise muss der Effekt derselben auf den Reinlichkeitszustand des Wassers auch je nach der Wassermasse und der Schwemmkraft des sie aufnehmenden Gewässers sehr ungleich ausfallen.

Von den Gewerben und Industriezweigen, welche besonders die Flussläufe verunreinigen, sind vorzugsweise die Wollfabriken, Gerbereien, Schlächtereien, Leimfabriken, Papierfabriken, Stärke- und Zuckerfabriken, Spiritusfabriken und Brauereien zu nennen; dieselben geben mehr oder weniger zu berechtigten Klagen über Unzuträglichkeiten in der gedachten Weise Anlass*).

Die Textilindustrie liefert schmutzige Abwässer beim Waschen, Walken, Färben und Drucken. In Deutschland ist es noch allgemein

*) Vgl. F. Fischer[20]).

Brauch, die Wolle am lebenden Thiere mittelst der sog. Rückenwäsche einer ersten Reinigung zu unterziehen. Man kann sich von dem Schmutz des Wassers am ehesten einen Begriff dadurch machen, dass man den Berechnungen von Schulze und Märcker und von Maumené folgt. Die ersteren berechnen, dass das Waschwasser von 100 kg Wolle wegen seines Gehaltes an Kali, Stickstoff und Phosphorsäure einen Düngerwerth von 3 bis 4 Mark besitze und glaubt Maumené 300 Liter des Wassers, welche zur Reinigung von 1000 kg Wolle gedient haben, als Material für Pottaschengewinnung mit 14,5 Mark bezahlen zu können.

Die Schafwäsche fällt indessen, trotz der durch sie entstehenden grossen Verunreinigung weniger ins Gewicht, weil sie sich nur auf einige Tage im Jahre beschränkt. Die Fabrikabwässer sind durch die verschiedenartigen Materialien (Soda, Seife, Walkerde, Leim, Schweinekoth, Schweineblut, Farbstoffe, Alaun, Weinstein u. dgl.), welche bei der Textilindustrie gebraucht werden, bedingt, indem das fertige Tuch nur den geringsten Theil derselben als Bestandtheil aufnimmt, während der Rest mit dem Abwasser entfernt wird.

Die Gerbereien, Schlächtereien und Leimfabriken verunreinigen die Flüsse und auch das Grundwasser mit thierischen Abfällen und zum Theil mit den Resten der zum Fabrikationsprocess erforderlichen Materialien.

Die Papierfabriken geben Abwässer aus der Reinigung der Lumpen und des anderen Rohmaterials ab. Die Fabrikation von Holzstoff- und Strohpapier führt den nächsten Flussläufen grosse Massen organischer Substanzen zu, welche den Anwohnern durch den Geruch ihrer fauligen Zersetzungsprodukte sehr lästig werden können.

In gleicher Weise werden beim Rösten der Lein- und Hanffaser Schmutzwässer gebildet, welche ausser Fettsäuren verschiedener Art übelriechende Gase aus der Umsetzung der in der Pflanzenfaser enthaltenen Eiweissstoffe führen. Auch diese Abwässer sind unangenehm für die Nachbarschaft.

Die Abwässer der Stärke- und Zuckerfabriken machen sich ebenso fühlbar; dieselben bieten lebhaft und massenweise wuchernden Mikroorganismen einen geeigneten Nährboden, deren Vegetationen die faulige Zersetzung begleiten beziehentlich bedingen. Es entwickeln sich unter deren Mitwirkung übelriechende Gase und insbesondere viel Schwefelwasserstoff.

Auch die Brauereien und die Spiritusfabriken können in der gedachten Weise sehr lästig sein und Abwässer liefern, welche zur Brutstätte für Pilzvegetationen werden.

Ein interessantes Beispiel für die grossartige Verunreinigung, welche die Flüsse in bevölkerten Gegenden und namentlich in Fabrikdistrikten durch Fäkalien, Haus- und Industrieabwässer unter Umständen erfahren können, hat die englische Commission für die Verhütung der Flussverunreinigung mitgetheilt; die folgenden, dem Commissionsberichte entnommenen Analysen geben die Veränderung

der Flüsse Irwell und Mersey in ihrem Laufe durch Lancashire in mg i. l an.

Bestandtheile	Irwell		Mersey	
	in der Nähe der Quellen	unterhalb Manchester	Einer der Zuflüsse	Unterhalb Stockport
Gelöste feste Bestandtheile	78,0	558,0	76,2	395,0
Organ. Kohlenstoff	1,87	11,73	2,22	12,31
Organ. Stickstoff	0,25	3,32	0	6,01
Ammoniak	0,04	7,40	0,02	6,22
Stickstoff in Nitraten und Nitriten .	0,21	7,07	0,21	0
Gesammtmenge d. gebundenen Stickstoffs	0,49	16,48	0,23	11,13
Chlor	11,5	96,30	9,4	—
Temporäre Härte	3,72	15,04	4,61	10,18
Gesammthärte	3,72	15,04	4,61	10,18
Suspendirte Stoffe, organische . . .	0	27,1	0	—
Suspendirte Stoffe, mineralische . .	0	27,5	0	—

Selbstreinigung.

Aber wenn auch die mit solchen Effluvien bewirkte Verunreinigung der Bäche und Flüsse an der Stelle ihrer Einmündung und in einiger Entfernung davon sich durch eine merkliche Trübung und Färbung des Wassers, durch schwimmende, zum Theil recht unappetitliche Abfälle und durch Vermehrung der löslichen Bestandtheile kund thut, vermag sich das Wasser theils in Folge von Verdünnung nach Aufnahme reinlicherer Zuflüsse, theils mit Hilfe der Flächenanziehung seitens des Flussbettes und mittelst des Oxydationsvorganges von selbst wieder zu verbessern, vorausgesetzt, dass die zufliessenden Tage- und Abwässer hinsichtlich ihrer Menge und Beschaffenheit in keinem Missverhältniss zur Wassermasse und Stromstärke des sie aufnehmenden offenen Wasserlaufes stehen.

Von dieser Selbstreinigung kann man sich zumal in Gegenden mit stark entwickelter Industrie überzeugen und gibt die Wupper dafür ein schlagendes Beispiel, indem sie trotz der enormen Verunreinigung durch Fabrikabwässer, mit der sie Elberfeld verlässt, in Opladen nach einem Laufe von wenigen Meilen schon wieder soweit klar und rein geworden ist, dass ihr Wasser selbst für die sehr difficile Türkischroth-Färberei mit Vorliebe verwendet wird.

Auch gibt u. A. das Ergebniss von Untersuchungen über die chemischen Veränderungen des Wassers der Isar, dessen Hauptmasse in 49 Bächen München durchzieht und dabei viel Abwässer, Fäkalien u. dgl. aufnimmt, einen vorzüglichen Beleg für die Selbstreinigung, wie die zahlreichen Analysen von W. v. Schelhass[32] sowie von F. Brunner und R. Emmerich[33] dargethan haben.

Wie indessen aus den schlimmen Erfahrungen und Verlegenheiten mancher Städte hervorgeht, wurde auf die selbstreinigende

Kraft, deren Existenz sich keineswegs bestreiten lässt, schon vielfach gesündigt, indem man in die Bäche und Flüsse grössere Mengen von Schmutzwässern eingeleitet hat, als dieselben zu bewältigen im Stande waren. Da das Selbstreinigungsvermögen von Bedingungen abhängt, welche theils in der Art und Menge der zufliessenden Verunreinigung theils in der Beschaffenheit der sie aufnehmenden Flussläufe liegen, darf man die Anwartschaft darauf, dass das fliessende Wasser nach Zurücklegen einer bestimmten Strecke von selbst sich verbessert und wieder genuss- und gebrauchsfähig wird, nicht etwa allgemein d. h. ohne Würdigung der besonderen Verhältnisse des einzelnen Falles ausdrücken.

Es konnte daher auch die Behauptung Letheby's, dass das Sielwasser, wenn es mit der zwanzigfachen Menge Wasser verdünnt werde, nur $2^1/_2$ deutsche Meilen zu fliessen brauche, um unschädlich gemacht zu werden, von der englischen Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung bei näherer Prüfung nicht stichhaltig befunden werden. Nach E. Frankland[34)] geht im Gegensatz zum Boden die Oxydation der organischen Materie des Sielwassers im freien Wasserlaufe nur äusserst langsam von Statten, selbst wenn letzteres ein grosses Volum reinen Wassers beigemischt enthält, vielmehr sei es geradezu unmöglich, den Weg zu bezeichnen, welchen ein derart verunreinigtes Wasser zurücklegen muss, damit seine organischen Bestandtheile oxydirt werden.

In kleinen und seichten stehenden Gewässern und auch in Flüssen, die wenig Strömung haben, erfahren die organischen Stoffe, wenn die Wärmeverhältnisse es gestatten, eine faulige Zersetzung, es treten in lebhafter Vegetation die Erreger und die constanten Begleiter der Fäulniss auf und kommt zur Entwicklung der charakteristischen, zum Theil stinkenden Gase. Im Gegensatz zu diesen gerathen die Wasserläufe von rascher Bewegung, sowie die grossen und tiefen Wasseransammlungen nie in Fäulniss — es sei denn an seichten Stellen ihrer Ufer.

Die Ursache dieses ungleichen Verhaltens ist endgültig noch nicht ermittelt, soviel steht nur fest, dass durch die Bewegungsvorgänge im Wasser gewisse Bedingungen der Oxydation (Verwesung) erfüllt werden, insofern sie einestheils die Aufnahme von atmosphärischer Luft begünstigen und anderentheils eine stärkere Anhäufung und Concentration der Verunreinigung hintanhalten.

Ch. Lauth konnte Pariser Kanalwasser durch Schütteln mit Luft am Faulen verhindern; die Entwicklung der in demselben enthaltenen Algen, Pilze (Penicillium) und Infusorien (Euglena, Paramecium) und mit

ihr der Zerfall der organischen Stoffe wird durch das Einleiten der Luft ungemein begünstigt und treten stinkende Gase hierbei nicht auf (F. Fischer[35]).

Paul Bert und nach ihm Horvath (1878) haben auf Grund experimenteller Erfahrungen angegeben, dass ein gewisser Grad von Bewegung dem Leben der Mikroorganismen nachtheilig, ja verderblich sei. Die seither in dieser Hinsicht bekannt gewordenen experimentellen Erfahrungen von Hansen, Reinke, H. Buchner, C. Roser, Tumas sprechen zum Theil direkt gegen die Bert-Horvath'sche Hypothese, zum Theil beschränken sie die ihr gegebene Tragweite mehr oder weniger, so dass dieselbe heutzutage auf die Praxis zum Mindesten nicht mehr mit der Schlussfolgerung übertragen werden dürfte, dass pathogene Mikroorganismen, wenn sie in bewegte Flussläufe gelangen, in Folge der Strömung des Wassers wirkungslos werden.

Zusammensetzung.

Da die offenen Wasserläufe von mancherlei Zuflüssen gespeist werden, deren Wirkung mit der Entfernung vom Orte ihrer Einmündung allmählich verschwindet, und andererseits auch mit ihrem Flussbett Bestandtheile austauschen*), so erweist sich die Zusammensetzung des Bach- und Flusswassers selbst für ein und denselben Wasserlauf ungemein verschieden. Es können sonach dieselben ebenso gut ein reines Wasser als auch ein im äussersten Grade verunreinigtes fortführen.

a. Die Gase und die gelösten festen Bestandtheile.

Der Gasgehalt des Wassers der Bäche und Flüsse ändert sich mit deren Reinlichkeitszustand. Im reinen Wasser stehen Sauerstoff und Stickstoff nahezu im Verhältnisse der Absorptionscoefficienten, im unreinen dagegen, wenn es leicht oxydirbare organische Stoffe enthält, nimmt der Sauerstoffgehalt ab und kann selbst ganz verschwinden, die Kohlensäure wird vermehrt, während der Stickstoffgehalt geringe Schwankungen zeigt. Es ist übrigens diese Aenderung im Gasgehalte eine Erscheinung, die nicht dem Bach- und Flusswasser allein zukommt, sondern auch bei anderen Wässern beobachtet wird.

Sehr lehrreich sind in dieser Hinsicht Analysen über den wechselnden Gasgehalt, welchen die an grossen Städten vorbeifliessenden Flüsse in Folge der Einleitung von Sielwässern zeigen. Als Beispiel lasse ich Angaben von Miller über den Gasgehalt des Themsewassers bei London folgen.

---

*) „Quippe tales sunt aquae, qualis terra per quam fluunt“. Plinius, Hist. nat. XXXI 4.

Bestandtheile	Kingston	Hammer-smith	Somerset House	Greenwich	Woolwich	Erith
	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm
Gasgehalt von 1 Liter Wasser . .	52,7	—	62,9	71,25	63,05	74,3
Kohlensäure	30,3	—	45,2	55,6	48,3	57
Sauerstoff	7,4	4,1	1,5	0,25	0,25	1,8
Stickstoff	15,0	15,1	16,2	15,4	14,5	15,5
Verhältniss von Sauerstoff zu Stickstoff	1 : 2,0	1 : 3,7	1 : 10,5	1 : 60,1	1 : 52,0	1 : 8,1

Oberhalb London, bei Kingston, ist das Verhältniss von Sauerstoff und Stickstoff noch ziemlich normal, in Folge der Einleitung von Kloakenwasser nimmt der Sauerstoff mehr und mehr ab und zeigt erst unterhalb London bei Erith wieder eine Zunahme, welche sich dem ursprünglichen Verhältniss nähert (Roscoe-Schorlemmer[36]).

Der Gehalt an Ammoniak ist im Flusswasser stets geringer als im Regenwasser. Boussingault fand in 1 cbm Regenwasser 0,79 g Ammoniak, in 1 cbm Rheinwasser bei Lautenburg im Juni 1853 nur 0,48 g und 0,17 g im October 1853; in der Seine am Pont d'Ivri hat Poggiale 0,17 g gefunden.

Wird dieser verhältnissmässig kleine Gehalt auf die Wassermasse berechnet, welche das Flussbett durchströmt, so ergeben sich kolossale Beträge, z. B. würden im Rhein bei Lautenburg im October (1853) 16 245 kg Ammoniak täglich vorbeigeflossen sein (Knapp).

Flusswasser ist in der Regel weniger hart als Quell- und Brunnenwasser, weil dasselbe in seinem Laufe durch Abdunstung von Kohlensäure einen Theil der Bicarbonate verliert, mitunter auch, weil es aus einer kalkarmen Gegend kommt.

Bezüglich der übrigen gelösten Bestandtheile des Bach- und Flusswassers soll die nebenstehende tabellarische Zusammenstellung einiger Analysen Aufschluss geben, welche den Aufzeichnungen von F. Fischer u. A. entnommen sind.

Es ist eine für die Wahl von Bezugsquellen höchst beachtenswerthe Eigenthümlichkeit der Wässer, dass ihr chemischer Bestand innerhalb der einzelnen Jahreszeiten in Folge der Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen grösseren oder geringeren Schwankungen unterliegt und dass im Allgemeinen je nach der Art des Wasserbezugs charakteristische Unterschiede in dieser Hinsicht zu Tage treten. Reichardt[14], welcher in Jena während der Jahre 1872 und 1873 drei verschiedene Wässer und zwar aus einer Quelle unweit der Stadt, aus einem Pumpbrunnen in der Stadt und aus der

Fluss	Entnahme: Ort	Entnahme: Zeit	Rückstand	Organ. Stoffe	Chlor	Salpetersäure	Ammoniak	Schwefelsäure	Kalk	Magnesia	Härte	Untersucht von
Embach	Dorpat	—	215	—	42	0,6	—	2,2	56,7	14,7	7,7	*Schmidt.*
Elbe	Magdeburg	XI. 1870	260	34,5	38,3	1,4	—	48	56	16	7,8	*Reichardt.*
Elbe unfiltrirt	Hamburg	"	270	174,5	29,7	Spur	—	24	67	7,3	7,7	"
Elbe filtrirt	"	"	225	80	18,5	Spur	—	27,5	50,4	7,3	6,1	"
Elbe	"	19. VII. 75	290	21	35,5	0	0	39	42,9	9	7,0	*Gilbert.*
Elbe	"	31. VIII. 75	276	33,2	54,6	0	0	29,5	47,7	13	6,6	"
Elbe	"	3. XII. 75	275	136	20,3	(0,5)	0	35	45,4	Spur	4,6	*Wibel.*
Leine	Hannover (oberhalb)	30. IX. 72	—	15,2	100,1	3,8	0	129,7	150,3	28,7	19,0	*F. Fischer.*
Leine	Hannover (unterhalb)	30. IX. 72	—	26,4	108,7	5,6	Spur	137,2	153,6	29,4	19,5	"
Moldau	—	—	66	9,4	3,5	0,5	—	5,2	11,3	4,9	1,8	*Stolba.*
Oder	Breslau	—	135	77	7	1,2	0,06	14	29	8	4	*Poleck.*
Rhein (nied. Wasserst.)	Cöln	21. X. 70	250	52	2,5	Spur	—	19,6	74,9	20,5	—	*Vohl.*
Rhein (hoher ")	"	8. XI. 70	160	64	9,9	Spur	—	9,3	35,8	4,3	—	"
Rhein (Frost)	"	6. I. 71	245	3,6	3,7	Spur	—	30	89,4	24,3	—	"
Saale	Jena	30. VII. 72	245	40,1	6,2	1,1	—	63,5	89,6	19,1	11,7	*Reichardt.*
Saale	"	1. IV. 73	125	9,3	9,2	2,0	—	6,9	18	3,6	2,3	"
Saale	"	3. V. 73	80	38,8	9,7	1,9	—	20,6	33,6	7,3	4,3	"
Saale	"	26. V. 73	150	21,9	10,7	2,2	—	32,6	36,4	10,8	5,2	"
Kasperlbach (Oberbayern)	Darehing	III. 75	245	8,35	Spur	Spur	0	0	—	—	—	*Wolffhügel.*
Kaltenbach (Oberbayern)	Thalham	"	220	8,35	Spur	Spur	0	0	—	—	—	"
Haidebach (Oberbayern)	"	"	216	Spur	2,2	0,4	0	0	—	—	—	"
Isar	vor München	21. II. 75	219,5	19,4	1,4	0,5	—	—	80,9	—	—	*Emmerich-Brunner.*
Isar	" "	9. IV. 75	210	26,5	1,1	0,1	—	—	69,6	—	—	"
Donau	Deggendorf	21. II. 75	247	40,3	21,5	2,3	—	—	84,9	—	—	"
Donau	"	9. IV. 75	191	45,7	0,3	0,3	—	—	20,0	—	—	"
Amper	Isareck	21. II. 75	218	50,6	1,4	0,5	—	—	61,3	—	—	"
Amper	"	9. IV. 75	228	63,4	2	0,1	—	—	75,4	—	—	"
Aar	Solothurn (oberhalb)	III. 75.	187	50,5	3,4	0,43	—	—	—	—	6,2	*Wolffhügel.*
Aar	Solothurn (unterhalb)	III. 75.	194	50,5	3,0	1,28	—	—	—	—	7,0	"

Saale in laufenden Untersuchungen beobachtete, fand u. A. für die Rückstandsmenge (mg i. l) folgende Schwankungen.

Bezugsart	29. Juni	30. Juli	27. Aug.	2. Octob.	3. Nov.	4. Dec.	1. Januar	1. Febr.	28. Febr.	1. April	3. Mai	26. Mai
Quelle .	384	379	385	409	470	355	350	350	360	345	295	350
Brunnen	1757	1808	1811	1653	1600	1740	2115	1980	1933	2410	1850	2240
Fluss . .	235	245	241	298	312	135	175	240	115	125	80	150

Aus diesen Erfahrungen Reichardt's entnehmen wir, dass alle Wasservorräthe der Natur in ihrer chemischen Zusammensetzung von den Witterungsverhältnissen beeinflusst sind. Am stärksten erwies sich der Pumpbrunnen davon abhängig, verhältnissmässig sehr wenig die Quelle.

Uebrigens ist mit Rücksicht auf die oben erwähnten Beobachtungen von Wagner und Aubry keinesfalls aus der vorliegenden Angabe der generelle Schluss zu ziehen, dass jedes Brunnenwasser als solches in seinem Bestande stärker variirt als das Quellwasser. Bei den Flüssen hat man durchweg, wenn auch mit Unterschieden je nach der Gegend, auf grössere Schwankungen innerhalb der Jahreszeiten zu rechnen.

b. Die ungelösten Bestandtheile.

Wie überhaupt bei der Charakteristik der Wässer kommen aber nicht sowohl die gelösten als auch die suspendirten Bestandtheile in Betracht und zwar bei den Flussläufen um so mehr, als diese durch ihren bewegten Zustand befähigt sind, Körperchen mit fortzuschwemmen, welche im stehenden Wasser vermöge ihres Gewichtes niedersinken müssen.

Nach Umpfenbach enthält das Bett kleinerer Flüsse Sinkstoffe an der Oberfläche des Wassers bei nachstehenden Geschwindigkeiten (v_0)

Kies von 0,026 m Durchmesser bei $v_0 = 0{,}942$ m p. Sekunde
" " 0,052 " " " $v_0 = 1{,}569$ " "
Steine von 0,00515 cbm Volum " $v_0 = 2{,}197$ " "
" " 0,0309 " " " $v_0 = 3{,}138$ " "
" " 0,0618 " " " $v_0 = 4{,}708$ " "

Die Durchmesser der fortgeführten Körper sind dem Quadrate der Geschwindigkeit des Wassers proportional, das Gewicht derselben wächst mit der sechsten Potenz der Wassergeschwindigkeit (E. Schmitt[37)]).

Das Wasser der Bäche und Flüsse führt demgemäss immer schwebende kleinste Körperchen, zumeist unlösliche anorganische Be-

standtheile der obersten Erdschicht, welche in den Tagewässern aufgeschwemmt ihm zugeführt werden. So fand Everest (1831/32) im Ganges während der 4 Regenmonate 1943 g schwebende Theile, während der 5 Wintermonate 446 g und während der 3 Sommermonate 217 g in 1 cbm. Nach einer Beobachtung von Bischof enthielt der Rhein bei Bonn im März 1852 nach langer Trockene 17,3 g schwebende Theile im cbm, während er im März 1851 im hochgeschwollenen und trüben Zustande 205 g enthalten hatte.

Diese aufgeschwemmten Körperchen sind äusserst fein zertheilt, z. B. waren sie im Rheinwasser nicht mehr abfiltrirbar und bedurften 4 Monate zum Absetzen, sie bildeten nach dem Trocknen eine zusammengebackene Masse, welche nicht wieder aufweicht. Wir sehen in ihnen die Ursache der ins Grüne und Gelbe ziehenden Farbe des Flusswassers, soweit diese nicht, wie in Wässern aus Torfmooren, von organischen Stoffen herrührt (Knapp[12]).

Menge.

Der Wasserstand der Bäche und Flüsse ist ein schwankender, da er selbst von wechselnden Grössen abhängt und zwar von der Ausdehnung und Gestalt des Quellen- und Entwässerungsgebietes, von der Vertheilung und Menge der atmosphärischen Niederschläge, von der Verdunstung, von der Fähigkeit des Bodens im Quellengebiet, das Wasser aufzuspeichern und allmählich abzugeben. In gleicher Weise ist die Wassermasse, welche in der Zeiteinheit das Stromprofil durchfliesst, entsprechend ihrer Abhängigkeit vom Wasserstande eine ungleiche.

Der Neckar hat z. B. bei mittlerem Wasserstand oberhalb Mannheim eine Geschwindigkeit von 0,9, bei hohem von 3 m i. d. Sekunde und darüber; zu Heidelberg führt er bei kleinstem Wasser 32,4, bei Mittelwasser 202,5, und bei grösstem Hochwasser 4860 Sek. cbm.

Nach Franzius (vgl. E. Schmitt[37] S. 227) führen die deutschen Flüsse pro Quadratkilometer Zuflussgebiet in der Sekunde folgende Wassermengen (cbm):

Gegend	bei kleinstem Wasser	bei grösstem Wasser	Verhältniss beider	Bemerkungen
nahe bei den Quellen in gebirgiger Gegend (nicht Gletscher)	0,002—0,004	0,35—0,60	1:150	Grosser Niederschlag, rascher u. vollkommener Abfluss
in bergiger oder steiler hügeliger Gegend	0,002	0,18—0,23	1:90	Mässiger Niederschlag, rascher Abfluss

Gegend	bei kleinstem Wasser	bei grösstem Wasser	Verhältniss beider	Bemerkungen
in nicht steiler hügeliger Gegend	0,018	0,12—0,18	1 : 75	Mässiger Niederschlag, langsamer, unvollkommener Abfluss
in flacher Gegend	0,0016	0,06—0,12	1 : 50	Kleiner Niederschlag, langsamer, unvollkommener Abfluss
in flacher, sandiger oder mooriger Gegend	0,0012—0,0015	0,035—0,06	1 : 35	Kleiner Niederschlag, grossentheils absorbirt

Temperatur.

Im Allgemeinen folgt die Temperatur des Bach- und Flusswassers den Wärmeschwankungen der Luft und lässt deshalb weitgehende Differenzen im Laufe des Jahres erkennen. Reichardt hat das Ergebniss von vergleichenden Temperaturbeobachtungen, die er mit den erwähnten Analysen über die Variationen des chemischen Bestandes im Jahre 1872/73 zu Jena ausführte, in folgenden Zahlen mitgetheilt.

Bezugsquelle	Temperatur			
	höchste	niedrigste	Differenz	Mittel
	°C	°C	°C	°C
Quelle (1/2 Stunde von Jena) . . .	10,8	9,5	1,3	10,3
Fluss (Saale in Jena)	18,9	1,4	17,5	10,3
Brunnen (in Jena)	11,0	6,4	3,6	9,0

Ausser von der Temperatur der Luft ist aber das Bach- und Flusswasser auch noch von der Temperatur seiner Zuflüsse wesentlich abhängig, und zeichnet sich aus diesem Grunde beispielsweise das Wasser der Gletscherbäche durch seine Frische in der heissen Jahreszeit vor jedem anderen aus. In der Temperatur des einzelnen Baches oder Flusses bestehen Unterschiede sowohl an den verschiedenen Stellen seines Laufes, als auch in verschiedener Tiefe, und zwar ist sie an der Oberfläche ungleichmässiger als in der Tiefe.

Die Teiche und Landseen.

Wo das oberflächlich abfliessende Meteorwasser, anstatt zu den offenen Rinnsalen der Bäche und Flüsse, in Vertiefungen der Erd-

oberfläche gelangt, entstehen Wasseransammlungen, welche je nach ihrer Ausdehnung Teiche oder Seen genannt werden. Ausser von den Zuflüssen der atmosphärischen Niederschläge werden diese Wasserbecken auch von Quellen, Bächen und selbst Flüssen mitunter gespeist.

Bildet ein Fluss den See, so geht er entweder ganz in demselben auf oder durchfliesst nur das Seebecken, welches gleichsam eine grosse Vertiefung und Erweiterung des Flussbettes vorstellt. Im ersteren Fall hat der See einen oder mehrere Zuflüsse aber keinen Abfluss, so dass der Verlust durch Verdunstung dieser Einnahme gleichen Schritt halten muss.

Wenn ein Teich oder See durch das Entspringen von Quellen in einem kesselförmigen Becken der Erdoberfläche entsteht, so wird er je nach der Ergiebigkeit dieser unsichtbaren Zuflüsse eines Ablaufes bedürfen oder nicht, dagegen ist bei den vorwiegend aus atmosphärischen Niederschlägen gebildeten Wasseransammlungen weder ein Zufluss noch ein Abfluss sichtbar. Die letzteren sind gewöhnlich klein und seicht, sie hängen in ihrem Wasserstand ganz und gar von den Witterungsverhältnissen ab und neigen zur Sumpfbildung.

Zusammensetzung.

Schon wegen dieser verschiedenen Entstehungsweise ist der chemische Bestand des Teich- und Seewassers ein durchaus ungleicher und wechselnder. Es wird daher auch hier die Verwerthbarkeit für die Wasserversorgung nur von Fall zu Fall zu beurtheilen sein. Ueberdies fällt dabei noch sehr ins Gewicht, ob die Wasseransammlung Zuflüsse von häuslichen, gewerblichen und landwirthschaftlichen Abwässern erfährt.

Die überantworteten Verunreinigungen werden aber gleichfalls, wie bei den Wasserläufen, die Qualität mehr oder weniger beeinträchtigen, je nach ihrer Art und Menge und der Wassermasse, welche sie aufnimmt, ferner nach Maassgabe der Entfernung vom Orte ihrer Einmündung, der Strömungsverhältnisse, dem Vorhandensein von Ab- und Zuflüssen u. s. w.

Das Wasser des Gérardmersees in den Vogesen ist fast ganz frei von mineralischen Substanzen (Braconnot), das Wasser des Starnberger Sees bei München enthält 50,2 mg (Mendius), das des Rachelsees im Böhmerwald 69,9 mg (Johnson), das des Züricher Sees, bei niedrigstem Stande im Januar und bei 3,5° C., 139,5 mg (Moldenhauer) festen Rückstand im Liter (Knapp).

In der nachstehenden Tabelle gebe ich nach Berichten von Veitmeyer[38] und Bischoff[39] in vergleichender Zusammenstellung einige

	Tiefbrunnenwasser		Wasser aus Flüssen			Wasser aus Seen im Vergleich zu Wasser aus Bohrlöchern in nächster Nähe.					
						Tegelersee		Müggelsee		Langensee (Dahme)	
	Berlin, Ackerstrasse 96a	Lichterfelde, Cadettenhaus	Spree vor Berlin (a. d. engl. Werken)	Spree zwischen Spandau und Charlottenburg	Havel unter Spandau am Lindwerder	See	Versuchs-Brunnen	See	Bohrloch	See	Bohrloch
Abdampf-Rückstand . . mg	330,0	127,6	174,6	209,8	220,6	188,3	231,7	151,7	160,7	170,5	222,0
Oxydirt Kaliumpermanganat =	4,7	1,8	31,6	61,9	32,9	12,9	3,8	22,8	3,8	36,0	10,1
Glühverlust.	—	—	16,8	25,5	22,8	13,6	15,2	20,2	15,4	20,3	8,2
Chlor	7,34	5,33	15,7	20,8	18,5	12,6	21,5	10,2	10,4	16,0	22,8
Salpetersäure . . . . . mg	—	—	2,9	2,3	1,5	2,1	5,4	2,0	1,0	0,4	0,6
Ammoniak . . . . =	kaum Spur	kaum Spur	1,9	3,3	3,5	0,7	0,8	0,9	0,4	2,0	2,4
Schwefelsäure . . . . . . =	0	13,5	11,4	14,7	15,2	10,2	17,7	20,8	8,0	12,4	8,9
Eisenoxyd und Thonerde . =	Spur	kaum Spur	0,3	1,1	1,4	1,3	0,7	0,8	0,5	0,5	3,6
Kalk . . . . =	150,1	54,0	51,5	57,6	68,4	63,5	84,3	44,1	53,5	49,9	77,1
Magnesia . . . . =	10,3	1,8	4,5	6,1	8,3	8,1	6,8	3,7	8,1	7,2	8,3
Härtegrad	16,8	5,7	5,8	6,7	8,0	7,5	9,4	4,9	6,5	6,0	8,9
Kohlensäure . . . . . mg	—	—	44,4	49,7	57,5	56,1	61,5	29,4	44,2	42,9	63,5
Gase, Kohlensäure . . . ccm	—	—	2,96	5,91	4,56	2,74	1,79	1,94	7,71	2,20	10,58
= Sauerstoff . . . . . =	—	—	5,47	1,37	3,63	9,63	2,96	9,06	3,71	5,80	0
= Stickstoff . . . . . =	—	—	12,92	12,52	13,13	18,64	17,86	17,12	17,48	14,14	—
Tiefe des Spiegels . . . m	78—96	30,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tag der Entnahme	16. XI. 78	14. XI. 78	24. VII. 69	23. VII. 69	28. V. 69	26. II. 69	26. II. 69	22. III. 69	22. III. 69	7. VI. 69	7. VI. 69
Analytiker	Bischoff	Bischoff	Finkener	Finkener	Finkener	Finkener	Finkener	Finkener	Finkener	Finkener	Finkener

Analysen*) von Grund-, Fluss- und Seewasser aus ein und derselben Gegend (Berlin und Umgebung). Dieselbe illustrirt die charakteristischen Abweichungen im Wasser der genannten Bezugsquellen, ohne dass es einer näheren Erörterung derselben bedarf.

Menge.

Das Wasserquantum, welches die Teiche und Seen für den Versorgungszweck zur Verfügung stellen, hängt ganz und gar von der Art ihrer Entstehung und von der Leistungsfähigkeit der Zuflüsse ab. Der Wasserstand zeigt fortwährende Schwankungen und steht nahezu unter den gleichen Einflüssen wie bei den Bächen und Flüssen.

Temperatur.

In gleicher Weise unterliegt die Temperatur den für das Flusswasser namhaft gemachten Bedingungen. Wegen ihrer grösseren Tiefe bieten die Seen nicht selten die Möglichkeit dar, aus ihnen ein in der Temperatur wenig schwankendes, frisches Wasser für die Versorgung zu entnehmen. So berichtet Thiem in seinem Projekt für die Stadt München über folgende Beobachtungen bezüglich der Temperaturverhältnisse im Starnberger See:

Tiefe unter Wasserspiegel	Datum der Messungen			
	29. VI.	3. VIII.	18. VIII.	23. IX.
m	° C.	° C.	° C.	° C.
0	16,8	20,15	21,00	15,05
5	14,6	18,95	19,25	13,40
10	9,1	14,05	13,20	12,85
15	6,7	9,2	8,20	9,85
20	5,5	7,35	6,75	7,81
25	5,0	6,05	5,95	6,72
30	5,0	5,7	5,85	6,19
35	—	—	—	5,60
40	—	—	—	5,13

Die Meere.

Im Kreislaufe des Wassers werden den Meeren durch ihre unermesslichen Zuflüsse, von welchen die einmündenden Flüsse nach einer Schätzung von Muncke allein eine Wassermenge von 75 Kubik-

*) Die Bestandtheile sind auf mg, beziehentlich die Gase auf ccm im Liter Wasser berechnet. — Die grossen Abweichungen im Befund der Kaliumpermanganat-Oxydation erklären sich zum Theil aus einer Ungleichheit in dem angewandten Verfahren der beiden Beobachter.

meilen im Jahre ausmachen, feste Bestandtheile zugeführt, deren es sich durch den Verdunstungsprocess nicht wieder entledigen kann. Wenn wir erwägen, dass diese Einnahme ohne Ausgabe schon seit Aeonen ununterbrochen statt hat, mag dieselbe uns einen plausibelen Grund dafür abgeben, dass das Meerwasser sich durch einen hohen Salzgehalt und durch einen salzigen und bitteren Geschmack auszeichnet.

Unter den Bestandtheilen herrscht das Kochsalz vor; neben ihm sind in geringer Menge vorhanden Chloride, Sulfate und Carbonate von Magnesium und Calcium, Natriumsulfat, Spuren von Brom und Jod sowie nur wenig Kaliverbindungen.

Wahrscheinlich in Folge der ungleichen Verdunstung ist im Meerwasser der Salzgehalt in verschiedenen Längen- und Breitegraden ungleich, derselbe nimmt mit der Tiefe zu, dagegen wird er in der Nähe der Einmündung starker Zuflüsse von Süsswasser geringer. Da mit dem Salzgehalt das specifische Gewicht variirt, welches im Allgemeinen d. h. abgesehen von den Abweichungen an der Küste zwischen 1,026 und 1,029 schwankt, konnte Davy (1847) dasselbe an der Küste von Guyana in verschiedener Entfernung von George-Town in folgenden Abstufungen finden:

engl. Meilen	0	0,25	11	19	27	35	43	71	80
spec. Gewicht	1,0036	1,0991	1,0210	1,0236	1,0249	1,0236	1,0249	1,0258	1,0266.

Das Meerwasser enthält verhältnissmässig wenig Ammoniak, Nitrate und Nitrite und stickstoffhaltige organische Stoffe. Indessen gilt dies nicht für die Verhältnisse am Strande, in Häfen, wo Abwässer und Unrath in reichlichen Mengen hineingelangen. Wenn an solchen Stellen das Meer ruhig ist, gehen namentlich in den Tropen die organischen Stoffe leicht in Fäulniss über und verpesten durch ihre Zersetzungsprodukte die Luft.

Ueber den Gasgehalt des Meerwassers liegen mehrere Beobachtungen vor, so fand Hunter im atlantischen Ocean durch zahlreiche Analysen nur 22 bis 29 und einmal 35 ccm Gas im Liter, welches Ergebniss dem Befunde von Pisani am Wasser aus dem Bosporus ähnlich war; Pisani hatte einmal 23,99 ccm Gas im Liter erhalten, das andere Mal 22,27 ccm bestehend aus:

Kohlensäure	33,22 .	resp. .	27,10 vol. %
Sauerstoff	21,00 .	= .	24,20 =
Stickstoff	45,78 .	= .	48,70 =

Den Gehalt an mineralischen Bestandtheilen erfahren wir aus der nachstehenden, bei F. Fischer entnommenen Zusammenstellung von Analysen des Wassers aus verschiedenen Meeren.

Meer	Specifisches Gewicht	Gramm im Liter										Analytiker
		Gesammtrückstand	Chlornatrium	Chlorkalium	Chlormagnesium	Kohlensaures Calcium	Kohlensaures Magnesium	Schwefelsaures Magnesium	Schwefelsaures Kalium	Schwefelsaures Calcium	Bromnatrium	
Atlant. Ocean	1,0244	35,59	27,56	—	3,33	—	—	0,61	1,72	2,05	0,33	*v. Bibra.*
Nordsee . . .	—	34,40	25,53	1,31	3,80	—	—	1,77	—	1,62	0,37	*v. Bibra.*
Stiller Ocean	1,0264	35,23	25,89	—	4,88	—	—	1,12	1,42	1,62	0,31	*v. Bibra.*
Mittelmeer .	1,0258	37,65	29,42	0,51	3,22	0,11	—	2,48	—	1,36	0,56	*Usiglio.*
Ostsee	1,0047	6,67	5,15	0,07	0,65	0,5	0,10	0,35	—	0,28	Spur	*Sasz.*

Das Meerwasser ist wegen seines Geschmackes und seiner Wirkung zum Trinken nicht ohne Weiteres geeignet. Um es geniessbar zu machen, wird es auf Schiffen der Destillation unterworfen und das destillirte Wasser unter Zufuhr von Luft und eventuell auch von geringen Mengen löslicher mineralischen Bestandtheile schmackhaft und genussfähig gemacht. Für die Wasserversorgung im Grossen kann das Meerwasser nicht in Frage kommen.

Literatur. 1) F. Fischer, Chem. Technologie d. Wassers. Braunschweig 1880. S. 75 u. ff. — 2) R. Angus Smith, Air and rain. London 1872. Jahresb. d. Chemie 1851, S. 649; 1858, S. 107. — 3) E. A. Rossmässler, Das Wasser. 3. Aufl. Leipzig 1875. — 4) E. Ebermayer, Beobachtungsergebnisse d. bayer. Forststationen, und Die physikal. Einwirkung des Waldes auf Luft u. Boden. Aschaffenburg-Berlin 1873; vgl. auch Lorenz v. Liburnau, Wald, Klima u. Wasser. München 1878. (Naturkräfte, Bd. 29); Lorenz u. Rothe, Lehrb. d. Klimatologie, Wien 1874; Th. v. Gohren, Boden und Atmosphäre, Sep.-Abdr. aus „Die Agricultur-Chemie". Leipzig 1877. — 5) G. von Möllendorf, Die Regenverhältnisse Deutschlands. Görlitz 1862. — 6) J. van Bebber, Regentafeln für Deutschland. Kaiserslautern 1876. — 7) F. Koenig, Anlage und Ausführung von Wasserwerken. 2. Aufl. v. L. Poppe, Leipzig 1878. — 8) Rivers pollution commission, I. Report 1868; Reinigung und Entwässerung Berlins, Anhang I, S. 126. Berlin 1871. — 9) J. Soyka, Ueber den Einfluss des Bodens auf d. Zersetzung d. organ. Substanzen, Zeitschr. f. Biologie 1878, XIV S. 449, und Real-Encyklopädie der Heilkunde, Artikel „Boden". — 10) J. v. Fodor, Boden und Wasser. Braunschweig 1882. — 11) F. Hofmann, Die Wasserversorgung zu Leipzig. Leipzig 1877. — 12) F. Knapp, Lehrb. d. chem. Technologie, 3. Aufl. Braunschweig 1865. — 13) P. Stühlen, Ingenieur-Kalender 1882. — 14) E. Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. 4. Aufl. Halle a/S. 1880. — 15) F. Pfaff, Ueber Brunnen und deren Verunreinigung durch Kloaken. Erlangen 1864. — 16) G. Wolffhügel, Ueber die Verunreinigung des Bodens durch Strassenkanäle etc. Zeitschrift für Biologie 1875, XI, S. 459. — 17) C. Flügge, Die Bedeutung von Trinkwasseruntersuchungen für die Hygiene, Zeitschr. für Biologie 1877, XIII, S. 425. — 18) R. Wagner, Zeitschrift f. Biologie 1866 u. 1867, II, S. 289 und III, S. 86. — 19) L. Aubry, Zeitschr. f. Biologie 1870 u. 1873, VI, S. 285 und IX, S. 145. — 20) F. Fischer, Die Verwerthung der städtischen und Industrie-Abfallstoffe. Leipzig 1875. — 21) E. Egger, I. u. II. Jahresbericht der Untersuchungs-Station des hygienischen Instituts zu München. — 22) F. Goppelsroeder. Zur Infection des Bodens und des Bodenwassers. Basel 1872. — 23) Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. III, der Wasserbau, Leipzig 1879, S. 18. — 24) Thiem,

Die Wasserversorgung der Stadt München, Vorprojekt. München 1876. — 25) Gruner u. Thiem, Vorprojekt zu einer Wasserversorgung v. Strassburg. Strassburg 1875, S. 60. — 26) A. Escher v. d. Linth und A. Bürkli, Die Wasserverhältnisse d. Stadt Zürich u. ihrer Umgebung. Zürich 1871. S. 31. — 27) J. Müller, Lehrb. d. kosmischen Physik. 4. Aufl. Braunschweig 1875. S. 559 u. 561. — 28) O. Volger, Die wissenschaftliche Lösung der Wasserfrage. Frankfurt a/M. 1877. — 29) C. Flügge, Lehrbuch d. hygien. Untersuch.-Methoden. Leipzig 1881. S. 210. — 30) Schnitzer, Die Hydrographie der Stadt Erlangen. Erlangen 1872. — 31) G. Wolffhügel, Ueber die neue Wasserversorgung der Stadt München. München 1876. — 32) W. v. Schelhass, Ueber die Reinigung von Städten im Allgemeinen mit Berücksichtigung der Verhältnisse Münchens, bayerisches Industrie- u. Gewerbe-Blatt. Märzheft 1877. — 33) F. Brunner u. R. Emmerich, Die chemischen Veränderungen des Isarwassers während seines Laufes durch München, Zeitschrift f. Biologie 1878, XIV, S. 190. — 34) E. Frankland, Ueber Trinkwasser, bei A. W. Hofmann, Bericht über die Entwickelung der chem. Industrie. Braunschweig 1875. Hft. 1. — 35) F. Fischer, Die menschlichen Abfallstoffe. D. Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1881. XIII. Suppl. — 36) E. Roscoe und C. Schorlemmer, Ausführliches Lehrb. d. Chemie. Braunschweig 1877, S. 205. — 37) Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Bd., Der Wasserbau. Leipzig 1879. S. 232. — 38) L. A. Veitmeyer, Vorarbeiten zu einer Wasserversorgung der Stadt Berlin. 1871. — 39) C. Bischoff, Bericht über die Untersuchung der Tegeler Wasserwerke. Berlin 1879.

ZWEITES CAPITEL.

Zweck der Wasserversorgung.

Wasser und Kultur.

Die Bedeutung des Wassers als unentbehrliches Lebensbedürfniss für den Menschen sowie für die Thiere und Pflanzen, von welchen er sich nährt, ist der nächste Grund für das allseitige Verlangen nach demselben. Frühzeitig findet das Interesse für die Versorgung eine Förderung durch Ansprüche, welche wir als eine Aeusserung der Kulturentwicklung zu erachten haben; desgleichen macht mit der Zeit auch die Erkenntniss des sanitären Werthes des Wassers ihren Einfluss geltend.

So lange der Mensch noch auf einer niederen Stufe der Kultur steht, braucht er für seine Person nur so viel Wasser, als zur Ernährung und Erfrischung sowie zur Befriedigung eines noch geringen Reinlichkeitsbedürfnisses unbedingt erforderlich ist. Selbst seine Anforderungen an die Reinheit des ihm dargebotenen Wassers sind anfänglich bescheidener Art, wenn er auch bei freier Wahl sich instinktiv zur reineren Bezugsquelle wendet. Mit der Entwicklung des Sinnes für Reinlichkeit mehren sich die Ansprüche

sowohl in Hinsicht der Menge als auch der Beschaffenheit. Diese naturgemässe Steigerung des Bedarfes an Wasser zum Lebensunterhalt geht in dem kulturgeschichtlichen Leben eines Volkes nur ganz allmählich vor sich, sie erstreckt sich oft auf Jahrhunderte.

Während dieser Zeit kommt eine zweite, nicht minder wichtige Bestimmung des Wassers zur Geltung, indem dasselbe als gewinnbringende Naturkraft, welche sich in vielen der entstandenen Berufsarten, für unzählige Zwecke des täglichen Lebens nutzbar machen lässt, mehr und mehr anerkannt und vielseitig, auch in den anderen Aggregatformen, als Eis und Dampf, angewandt wird. Der Mensch zeigt in seiner zunehmenden Vervollkommnung, dass er zu Höherem als zu dem Verbrauch seiner Körperkraft in rein mechanischen Leistungen, wie zum Betrieb von maschinellem Geräthe berufen ist; er erfindet Maschinen, lässt dieselben vom Wasser treiben und ersinnt mancherlei Constructionen zu deren Betrieb, vom einfachsten Wasserrad bis zum vollkommensten Wassermotor und der Dampfmaschine, durch welche die bewegende Kraft des Wassers beziehentlich seines Dampfes an Stelle der menschlichen Arbeitskräfte segensreich ausgenützt wird.

So entwickelt sich ein zunehmender Verbrauch von Nutzwasser, bis derselbe um das Mehrfache die zur Deckung des persönlichen Bedarfes erforderliche Wassermenge übersteigt, zumal Gewerbe und Industrie dem Uebergange zur Anwendung von Maschinen alsbald eine Zunahme der Produktionsfähigkeit und einen hohen Aufschwung verdanken. Dieselben beanspruchen aber nicht sowohl reichliche Mengen, sondern stellen zum Theil auch grosse Ansprüche an die Reinheit, welche keineswegs hinter den Anforderungen an die Qualität des zum Lebensunterhalt erforderlichen Wassers zurückstehen.

Dieses Nutz- oder Brauchwasser für die Gewerbe erweist sich nicht minder unentbehrlich als das Wasser zum Trink- und Hausbedarf, oft drängt die Erkenntniss seiner Bedeutung unbemerkt und mit besserem Erfolg zur Anlage einer Wasserversorgung als das Interesse, welches dem öffentlichen Wohl in gesundheitlicher Beziehung zu Theil wird.

Mit dem gedeihlichen Erstehen der Gewerbe und der Industrie, mit dem Erblühen der Landwirthschaft kehrt Wohlstand im Volke ein, der nach und nach in einer Verfeinerung der Sitten und grösseren Behaglichkeit der Einrichtungen in Haus und Hof sowie im öffentlichen Leben zum Ausdruck kommt. Das Wohnhaus wird geräumiger angelegt, die Vorkehrungen zur Reinhaltung werden bequemer eingerichtet, man sorgt für laufende Brunnen auf

der Strasse, in den Häusern und selbst in allen Stockwerken, lässt Bade- und Waschanstalten für den privaten und öffentlichen Gebrauch herstellen, trifft besondere Vorrichtungen zur Besprengung der Strassen, Spülung der Rinnsteine und Strassenkanäle u. s. w.

Von den Einrichtungen zur Reinhaltung der Wohnstätten wollen wir nur der Spülung der Aborte mit Wasser eine geschichtliche Bemerkung widmen. Das Wassercloset in seiner heutigen Gestalt ist englischen Ursprungs, jedoch lassen sich die ersten Spuren der Wasserspülung in einer sehr frühen Zeit im Alterthum schon nachweisen. Man nimmt an, dass schon die alten asiatischen Völker ihren Gebrauch gekannt haben. Dieselbe wurde noch vor der Kaiserzeit nach Rom verpflanzt und hier, wie auch später in Konstantinopel und anderen Städten des Südens vielfach angewandt.

Im alten Rom hatte man sogar schon öffentliche Aborte dieser Art; zur Zeit des Diocletian gab es deren 144. Dieselben waren vom Staate errichtet und an Leute verpachtet, welche für die Benutzung eine bestimmte Gebühr erheben durften.

Diese Latrinen standen mit unterirdischen Abzügen in Verbindung, welche die Abwässer den nächsten Flussläufen zuführten. Die vom Könige Tarquinius Priscus zum Zweck der Entsumpfung des Forums („weil die niedrigsten Gegenden das Wasser nicht leicht abführten“, Livius) erbaute Cloaca maxima wurde von Tarquinius Superbus durch ergänzende Bauten auch für die Beseitigung der Abfallstoffe eingerichtet. Marcus Agrippa erweiterte das Kanalsystem und vervollkommnete dasselbe durch Einleitung von 7 Bächen zur Abschwemmung des Unraths aus den Häusern und von den Strassen nach dem Tiber (Kaftan). Das Princip der Schwemmkanalisation stammt sonach nicht erst aus unserer Zeit.

Es ist wohl begreiflich, dass solche Vorkehrungen für die Beseitigung der Abwässer, für die Entwässerung der Städte, zeitlich nahe mit den Einrichtungen der Wasserversorgung, der Bewässerung, zusammentreffen, denn beide sind nicht nur integrirende Theile der Städtereinigung, sondern können auch ohne einander nicht bestehen, weil das Vorhandensein der einen Einrichtung die Ausführung der anderen mit zwingender Nothwendigkeit erfordert.

Auf die Zunahme des Wasserverbrauchs wirkt nicht minder die fortschreitende Entwicklung des Sinnes für das Schöne. Wir finden denn auch bei der Mehrzahl der Kulturvölker, dass es denselben mit der Zeit zum Bedürfniss geworden war, mit Gartenanlagen und Wasserkünsten Auge und Herz zu erfreuen und zu erquicken.

Unter den genannten Einflüssen kann der zunehmende Wasserverbrauch eine an Verschwendung grenzende Höhe erreichen.

Die Zeit, innerhalb welcher die stetige Mehrung des Wasser-

bedarfs in den einzelnen Gemeinden vor sich geht, ist entsprechend der Verschiedenartigkeit der örtlichen Verhältnisse und der Entwicklungsbedingungen sehr ungleich.

Nach Frontinus (Commentar, Cap. 4) hatten sich die Römer von der Gründung der Stadt an 441 Jahre hindurch mit dem Gebrauche des Wassers begnügt, welches sie aus dem Tiber, aus Brunnen oder aus Quellen schöpften. Etwa 400 Jahre nach Anlage der ersten Wasserleitung besass die Stadt deren schon 7 und war freilich der Wasserverbrauch bis zur Vergeudung gediehen; zur Zeit Constantin's hatte Rom 34 Wasserleitungen.

Wasserversorgung und Gesundheitspflege.

Wo nicht schon die Religion oder Ethik dem Volke das Bestreben zur Erhaltung der Gesundheit eingibt, entwickelt sich mit dem Wachsthum des Wohlstandes durch Aufblühen von Ackerbau, Gewerbe und Handel mindestens eine Einsicht für den wirthschaftlichen Werth derselben. Nichtsdestoweniger ist es fraglich, ob die alten Kulturvölker, deren Wasserversorgungen man als grossartige sanitäre Werke einer frühen Zeit zu bewundern gewohnt ist, ihre Wasserleitungen, wie wir dies heutzutage thun, in der bewussten Absicht gebaut haben, der Gesundheit damit einen Dienst zu leisten.

Zur Begrenzung des Einflusses, welchen die Gesundheitspflege auf die Entstehung derartiger Einrichtungen ausgeübt hat und noch ausübt, würde eine Verständigung darüber erwünscht sein, ob man an den Begriff „Gesundheitspflege“ unbedingt das Merkmal einer zielbewussten Thätigkeit knüpfen soll oder darunter auch jedes, selbst instinktive Handeln verstehen darf, welches der Gesundheit des Einzelnen oder der Gemeinschaft zu Gute kommt. Ich erachte zwar die erstere Auffassung für die sachgemässere, muss indessen zugestehen, dass die Angaben der nur in Fragmenten uns überlieferten Geschichte des öffentlichen Gesundheitswesens längstvergangener Zeiten das für eine solche Unterscheidung erforderliche Material nicht darbieten.

Die religiösen Gebräuche und die Sitten der Alten, welche von ihnen Waschungen und Bäder verlangten, lassen wohl vermuthen, dass frühzeitig der Werth des Wassers für die Erhaltung der Gesundheit, wenn auch nicht allgemein, so doch jenen, welche solche Vorschriften oder ein gutes Beispiel in dieser Hinsicht dem Volke gegeben hatten, ins Bewusstsein getreten war. Im Uebrigen mag doch das bei einigen alten Kulturvölkern stark ausgeprägte Bedürf-

niss nach möglichster Reinhaltung des Körpers und seiner Umgebung sich von selbst — zum Theil als ein natürliches, durch klimatische Verhältnisse bedingtes, zum Theil als ein durch hohe Gesittung und ästhetische Bestrebung hervorgerufenes — eingestellt haben, ohne dass dasselbe im Dienste der Gesundheitspflege speciell zur Aeusserung gekommen wäre.

Das Verlangen nach einem reinen, klaren und farblosen Wasser für den eigenen Bedarf hat sich beim Menschen wahrscheinlich rein instinktiv früher ausgebildet, als ihn Erfahrungen über eine gesundheitsschädliche Wirkung des unreinen Wassers dazu bestimmten.

Eine hohe Entwicklung des Reinlichkeitssinnes zeigten die Aegypter, das älteste Volk, von welchem hierüber theils in der Bibel, theils bei griechischen Autoren geschichtliche Nachrichten vorliegen. Nach Herodot übten die ägyptischen Priester mit Bädern und Waschungen eine fast übertriebene Reinlichkeit am Körper, in der Kleidung und an ihren Geräthen.

Für die Israeliten hat Moses in seiner Gesetzgebung manche Maassregeln aus Aegypten in die alte Heimath mit hinübergenommen, welchen wir einen sanitären Werth beimessen dürfen. Zu diesen gehören auch die vielen Bestimmungen bezüglich der Anwendung des Wassers zum Zwecke der Reinlichkeit. Später in den talmudischen Schriften, welche den Juden häufiges Baden und sonstige Pflege der Haut empfehlen, spricht sich die Erkenntniss der diätetischen Bedeutung solcher Lebensregeln klar aus (Magnus).

Die Aerzte der alten Inder haben das Wasser, und vor Allem das des Ganges, als Heilmittel hochgeschätzt, wie schon die Risveda, die älteste Urkunde der indischen Medicin, in ihren Segenssprüchen bekundet. Andererseits erblickten sie im Wasser ein Element, das durch ungleichmässige oder verkehrte Wirkung die Gesundheit schädigen könne. Auch schlechte Kleidung, unreine Wohnungen u. dgl. fassten sie als Schädlichkeiten auf.

Bei den Griechen wird schon von der Mythe dem Wasser ein hygienischer Werth zuerkannt, indem sie Herkules als den Erfinder der warmen Bäder nennt und von ihm erzählt, dass er durch Eindämmung des Flusses Alpheios, welcher zu Ueberschwemmung und Sumpfbildung neigte, Elis von einer Seuche befreit habe. Die Dichter sangen das Lob des Wassers und bis auf unsere Tage ist Pindar's *τὸ ἄριστον μὲν ὕδωρ* ein beliebtes Schlagwort der Freunde dieser Gabe der Natur geblieben.

Noch ehe die griechischen Aerzte die Beziehungen des Wassers zur Gesundheit gelehrt hatten, ist schon die Fürsorge der grossen Gesetzgeber auf die Wasserversorgung gerichtet gewesen, sowohl Lykurg als auch Solon waren auf die Beschaffung eines reinen Wassers bedacht. Die Stadt Samos hatte bereits zu Zeiten Herodot's eine Quellwasserleitung mit einem Kanal von nahezu 1 m Breite und einem Tunnel von 1,6 km Länge (Baas).

Die griechischen Aerzte der knidischen Schule zählten den Genuss eines schlechten Wassers zu den Krankheitsursachen. Noch mehr spricht

sich bei Hippokrates der Glauben aus, dass durch schlechtes Trinkwasser Krankheiten entstehen; namentlich hält er Sumpfwasser und hartes Wasser für gesundheitsschädlich.

Andererseits wurde von ihm dem guten Trinkwasser ein Werth für die Förderung der Gesundheit zuerkannt: so begünstige das Wasser der nach Osten gelegenen Quellen das gesunde Aussehen, die Geistesstärke, die Klarheit der Stimme, die Rüstigkeit und Fruchtbarkeit.

Nicht minder schätzten die alten griechischen Aerzte das Baden und die Reinlichkeitspflege als Mittel zur Erhaltung der Gesundheit.

Entsprechend dieser Erkenntniss der sanitären Bedeutung des Wassers erachteten sowohl Plato als Aristoteles die Beschaffung eines guten Wassers als eine wesentliche Bedingung für die Erhaltung der Gesundheit einer Bevölkerung und als eine wichtige Aufgabe der staatlichen, beziehentlich gemeindlichen Fürsorge (Silberschlag).

Die Einsicht des diätetischen Werthes des Wassers ist denn auch im Volke zum Bewusstsein gekommen und bethätigte sich, zumal als dessen Kultur am höchsten stand, im Weiteren durch die Anlage von zahlreichen Badeanstalten verschiedener Art. In früheren Zeiten hatten die Griechen das Warmwasserbad allerdings als Verweichlichung und Luxus verworfen und sich auf das kalte Bad in Flüssen u. s. w. beschränkt.

Den Römern genügte Jahrhunderte lang das Wasser des Tibers, es diente zum Trink- und Hausgebrauch, sowie als Nutzwasser für die Gewerbe und die Zwecke des öffentlichen Lebens, auch badete man sich im Flusse in der Nähe des Marsfeldes. In der späteren Zeit galt das Wasser des Tibers zum Trinkgebrauch nicht mehr als gesund.

Die erste Wasserleitung in Rom, die Aqua Appia Claudia (313 v. Chr.), fällt in eine Zeit, zu welcher man auf das ärztliche Wissen noch sehr wenig gab. Freilich haben die späteren Schriftsteller Roms, wie Plinius u. A., bei Beurtheilung der grossen Wasserwerke der Stadt, die hohe Bedeutung derselben für die Gesundheit nicht verkannt. Aber es muss dahin gestellt bleiben, ob man zum Bau der Wasserleitungen vorwiegend im Interesse der öffentlichen Gesundheit geschritten ist.

Wahrscheinlich hat die Fürsorge für das leibliche Wohl des Volkes dabei nur eine nebensächliche Rolle gespielt. Dies gilt insbesondere für die später angelegten Leitungen, deren Erbauer zu gutem Theil ein grösseres Interesse für die Volksgunst als für das öffentliche Wohl dabei an den Tag gelegt haben. Die geschichtliche Thatsache, dass man sich in Rom durch solche Einrichtungen die Gewogenheit des Volkes erwerben und erhalten konnte, zeugt aber immerhin einigermaassen dafür, dass bei den Römern das Bedürfniss nach reichlichen Mengen Wassers für die Zwecke der Reinlichkeit früh entwickelt war.

Vielleicht war es anfangs vorwiegend der Reinlichkeitssinn, welcher dazu gedrängt hat, aus der Ferne Wasser zuzuleiten, nachdem der Tiber durch die Abwässer der Stadt mehr und mehr verunreinigt und zum Gebrauch nicht mehr einladend war.

Indessen haben keineswegs, wie vielfach irrthümlich angenommen wird, sich alle römischen Wasserleitungen durch das herrlichste Quellwasser oder durch ein reines Wasser überhaupt ausgezeichnet. Nach Frontinus, Belgrand und anderen Autoren, welche über die römischen

Wasserwerke berichtet haben, steht es fest, dass der grössere Theil des der Stadt zugeleiteten Wassers aus Fluss- oder Seewasser bestand, welches besonders beim Eintreten auch nur unbedeutender Regengüsse trübe und lehmig war.*) Plinius d. A. hat zwar die römischen Wasserwerke als Weltwunder bezeichnet, nichtsdestoweniger liest man bei ihm, dass das Brunnenwasser das beste aller Wässer in Rom und dass dessen Gebrauch in der Stadt allgemein ist (Grahn, Gill).

Die grösste Bedeutung gewann die Wasserversorgung im alten Rom für die Bäder. Als sich der Tiber wegen zunehmender Verunreinigung zum Baden nicht mehr eignete, wurde ausserhalb der Stadt ein von der Aqua Appia Claudia gespeistes, riesiges Wasserbecken als Volksbad angelegt.

Später überkamen die Römer die Sitte des warmen Bades aus Griechenland. Das Erstehen neuer Wasserleitungen in den folgenden Jahrhunderten vermehrte die Zahl der Einrichtungen zu warmen und kalten Bädern in hohem Maasse und besass zu Constantin's Zeiten die Stadt 15 Thermen und 856 Volksbäder. Die gesundheitliche Bedeutung des Badens war mit der Zeit zum vollen Bewusstsein gekommen, so dass Plinius sagen konnte, dass Rom sechs Jahrhunderte hindurch keines Arztes als des Bades bedurft habe.

Die alten Deutschen, unsere Vorfahren, haben nach den Berichten des Tacitus, Julius Cäsar u. A. dem Bade einen hohen Werth beigelegt, indessen das Baden in Flüssen den künstlichen Badegelegenheiten vorgezogen. Wasserleitungen wurden, wie es scheint, zuerst von den Römern auf ihren Eroberungszügen in Deutschland erbaut.

Im Mittelalter waren zumeist in den Städten und selbst in Dörfern öffentliche Badeanstalten, wenn auch in primitiver Einrichtung, geboten und dieselben unter obrigkeitlicher Aufsicht gehalten; im Jahre 1489 zählte z. B. die kleine Stadt Ulm 168 städtische Badestuben. Mit der Zeit musste das Badewesen seitens der Behörden in Folge der überhand nehmenden Unsittlichkeit beschränkt werden und gerieth mehr und mehr in Verfall, erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts kam es wieder in Aufnahme (Marggraff).

Entsprechend den geringen Mitteln, über welche die Städte in Deutschland verfügten, waren dieselben zumeist auf die Versorgung mit Wasser aus dicht bei den Wohnstätten gegrabenen Brunnen angewiesen oder man führte aus Rohrleitungen von Holz oder Thon, mitunter auch in gemauerten Kanälen, aus nahe gelegenen Quellen dem Orte Wasser zu und liess es in Bottiche sich frei ergiessen.

Wo aus praktischen Bedürfnissen z. B. für Brauereizwecke, eine grössere Menge Wasser nöthig war, vereinigten sich die Gewerbetreibenden zu Genossenschaften, welche mechanische Vorrichtungen, z. B. Pumpwerke mit Wasserradbetrieb, anlegten, und das Wasser nach den einzelnen Verbrauchsstellen in Leitungen vertheilten. Die Chroniken des 15. und 16. Jahrhunderts erwähnen solche sog. Pumpenbrüder-Genossenschaften.

---

*) P. Schmick hebt hervor, dass die Mehrzahl der römischen Aquädukte Quellwasser zugeführt hatten und dass das zugeleitete Fluss- und Seewasser nur zu den Naumachien bestimmt war.

In jener Zeit wurden auch vielfach Leitungen für Wasserkünste in Parkanlagen eingerichtet.

Erst in unserem Jahrhundert und besonders in der zweiten Hälfte desselben begann in den deutschen Städten sich eine rege Thätigkeit und Fürsorge auf dem Gebiete der Wasserversorgung zu entfalten (Grahn).

Wenn nun auch die Geschichte des Gesundheitswesens uns einen bestimmten Aufschluss in Hinsicht der Frage versagt, ob und in welchem Maasse schon ein Verständniss für den sanitären Werth des Wassers auf die Entstehung der ersten Wasserleitungen von Einfluss war, so lässt dieselbe doch erkennen, dass die Alten ihrem Interesse für das Wasser mit der Zeit auch gesundheitliche Erwägungen zu Grunde gelegt haben. Aber keinesfalls war es die Gesundheitspflege allein, was in frühesten Zeiten schon dazu führte, die Wohnplätze mit gutem Wasser reichlich zu versorgen.

Die Wasserversorgung unserer Städte, wie dieselbe von der Gesundheitslehre heutzutage befürwortet wird, ist dadurch ausgezeichnet, dass sie dem Bedarf einer grossen Anzahl von Familien, einer ganzen Gemeinde, durch Anlage von gemeinsamen Wasserwerken, welche Trink- und Nutzwasser in gleicher Güte liefern, Genüge zu leisten sucht. Sie ist nicht vorherrschend auf die Beschaffung eines vorzüglichen Trinkwassers gerichtet, vielmehr zielt sie, in der Absicht den Wasserverbrauch im Interesse der Reinhaltung am Körper und in der Umgebung über das Maass des eigentlichen Lebensbedürfnisses zu steigern, auch darauf ab, den Bewohnern das Wasser im reichlichsten Maasse und in bequemster Weise ins Haus und in die einzelnen Stockwerke zu führen.

Aber selbst in unsrer Zeit, in der die grösseren Gemeinden mit ihren sanitären Bestrebungen erfreulicher Weise wetteifern und die Wasserversorgung als ein wichtiges Glied ihrer Assanirungsaufgaben erachten, darf nicht ausschliesslich das Interesse für die Erhaltung und Stärkung der Gesundheit zur Triebfeder werden, denn es haben, besonders wo man gegenüber bestehenden Einrichtungen höhere Ansprüche erhebt und die Zuleitung reichlicher Mengen eines besseren Wassers verlangt, die Interessen des praktischen Lebens und die ästhetischen Rücksichten bei der Entscheidung über die Art der Anlage und des Betriebs von Wasserwerken ebenso sehr ins Gewicht zu fallen als das sanitäre Wohl.

Nichtsdestoweniger besteht die Neigung, bei Erörterung der Bedürfnissfrage in den Gemeinden vorweg die sanitäre Bedeutung des Wassers und namentlich des Trinkwassers als dringendsten Beweggrund zur Geltung zu bringen und die anderen Faktoren wenig oder

gar nicht in Rechnung zu ziehen. Dieser Fehler in der Begründung ist nicht etwa als gleichgültig zu erachten, denn selbst wenn auch der Zweck nach Qualität und Quantität zur Genüge erreicht würde, so werden doch Hoffnungen bezüglich Verbesserung der Gesundheitsverhältnisse wachgerufen, welche mitunter nicht in Erfüllung gehen.

Aber nicht selten wird auch das angestrebte Ziel in Folge der einseitigen Darlegung des Zweckes der Versorgung unvollkommen erreicht, es wird die neue Anlage nur in einem Umfange bewilligt, dass sie den scheinbar höheren Ansprüchen des Trink- und Küchengebrauchs genügt, jedoch den übrigen Wasserbedarf auf höchst mangelhafte und unreinliche Bezugsquellen verweist.

Literatur. B. M. Lersch, Geschichte der Balneologie, Hydrologie und Pegologie. Würzburg 1863. — H. Haeser, Lehrbuch der Geschichte der Medicin. 3. Bearbeitung. Jena 1875. — Magnus, Einige die Hygiene und Pathologie betreffende Aussprüche aus den talmudischen Schriften. Deutsches Archiv der Geschichte der Medicin 1880. 3. Bd. S. 269. — J. H. Baas, Grundriss d. Geschichte der Medicin. Stuttgart 1876. — H. Baas, Zur Geschichte der öffentl. Hygiene. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1879. XI. 325. — J. Uffelmann, Die öffentl. Gesundheitspflege im alten Rom. Virchow-Holtzendorff'sche Vorträge 1880. XV. Serie. — C. Silberschlag, Die Aufgaben des Staates in Bezug auf die Heilkunde und öffentl. Gesundheitspflege. Berlin 1875. — Sextus Frontinus, Commentarius de aquaeductibus urbis Romae. Deutsch von A. Dederich. 1844. — E. Grahn, Die städtische Wasserversorgung; geschichtliche Einleitung. München 1877; und Erwiderung auf P. Schmick's Kritik. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1879. XI. S. 282. — P. Schmick, Besprechung von Grahn's städt. Wasserversorgung. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1878. X. S. 636, ferner Wochenschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1882. Nr. 5. — Marggraff, Badewesen u. Badetechnik der Vergangenheit. Virchow-Holtzendorff'sche Vorträge 1881. XVI. Serie. — Reuleaux, Ueber das Wasser in seiner Bedeutung für die Völkerwohlfahrt. Berlin 1871. — J. Kaftan, Reinigung und Entwässerung der Städte. Wien 1880.

DRITTES CAPITEL.

Wasser und Gesundheit.

Das Wasser als Nahrungs- und Genussmittel.*)

Das Trinkwasser ist eine wesentliche Lebensbedingung für alle Organismen, Thiere und Pflanzen, insbesondere für den Menschen ein nicht zu ersetzender Nahrungsstoff und ein vorzügliches Genussmittel.[1])

*) Vgl. dieses Handbuch I. Thl. Abthlg. 1: Ernährung (Forster), S. 55.

Bedarf an Trinkwasser.

Das Wasser bildet einen wichtigen Gewebsbestandtheil des menschlichen und thierischen Körpers, dessen einzelne Organe damit durchtränkt, beziehentlich darin aufgequollen sind. Die Lebensäusserungen des Organismus, so die Thätigkeit des Gehirns, die Leitung der Nerven, die Bewegungsvorgänge der Muskeln und des Skelets könnten ohne eine Durchfeuchtung der Organe nicht vor sich gehen. Die Aufnahme der Nahrung, die Wirkung der Verdauungsfermente, die Vertheilung der Nahrungsstoffe und deren Zuleitung vom Verdauungsapparat nach den entferntesten Körpergegenden, sowie die Beseitigung der Rückstände und die Ausgabe der Zersetzungsprodukte erfordern unbedingt die Vermittelung des Wassers.

Die Einführung von Wasser in den Magen und die Wiederausscheidung durch Haut und Lungen, sowie durch Harn und Koth trägt in ergiebiger Weise zur Entwärmung des Körpers bei; allein die Verdunstung von der Haut und den Athemwegen übernimmt nahezu den vierten Theil der Wärmeabgabe.

Der Wassergehalt des Körpers und seiner Organe ist individuell verschieden, er schwankt überdies je nach dem Ernährungszustand und Alter. Ein schlechtgenährter Organismus ist reicher an Wasser als ein wohlgenährter, in der Kindheit und im Alter ist der Körper wässriger als in den mittleren Lebensjahren. Der gesammte Wassergehalt des Körpers eines ausgewachsenen Menschen beträgt etwa 63 %, ein Erwachsener von 60 kg Gewicht schliesst also etwa 38 kg Wasser und 22 kg trockene Theile ein (C. v. Voit[1]).

Es ist der Wassergehalt der Organe von so wesentlichem Belang für deren Funktionsfähigkeit, dass er nur geringe Schwankungen erleiden darf. Das sich alsbald einstellende Durstgefühl mahnt zur Deckung der durch Secretionen und Excretionen geschehenen Ausgaben, welchen stets eine Wasseraufnahme durch Speise oder Trank folgen muss, damit der Körper auf seinem Bestande erhalten wird. Für die Verluste findet er in jener Bildung von Wasser, welche im Organismus selbst durch die Verbrennung des Wasserstoffs der organischen Verbindungen vor sich geht, keinen genügenden Ersatz, da dieselbe nur 16 % des Gesammtverlustes beträgt (C. v. Voit).

Die Grösse der Wasserausgaben unterliegt breiten Schwankungen, so dass aus ihr ein bestimmter Aufschluss über das unbedingte Maass der zur Gesunderhaltung des Körpers erforderlichen Zufuhr nicht entnommen werden kann.

Pettenkofer und Voit fanden bei einem Manne von mittlerer Er-

nährung die tägliche Gesammtausgabe bei Ruhe zu 2253 g, bei Arbeit zu 2959 g, was 5 bis 6 % vom gesammten Wassergehalt des Körpers entspricht.

Forster[2] hat in 4 Beobachtungsreihen an arbeitenden Menschen, welche in München unter normalen Lebensbedingungen, ohne an einen reichlichen Genuss von Getränken gewohnt zu sein, verschiedenen Berufsverhältnissen angehörten, die tägliche Wasseraufnahme in Speise und Trank bei mässiger Körperarbeit zu ungefähr 2200 bis 3500 g gefunden und zwar im Durchschnitt zu 2946 g Wasser (einschliesslich 1312 g Bier) in 3581 g der ganzen Kostmenge.

Da die Speisen an sich schon viel Wasser enthalten, findet die Wasserzufuhr nur zum Theil in Getränken statt. Das frische Fleisch hat so viel Wasser, dass manche fleischfressenden Thiere damit den Wasserbedarf ihres Körpers schon decken; der Wassergehalt des frischen Rindfleisches beträgt 75,9, der des gesottenen nur mehr 44,3 %, der des gebratenen Kalbfleisches 66,4 %, des fetten Schweinebratens 50,6 % (C. v. Voit), das Weizen- und Roggenbrod enthält 39 bis 44 %, Gemüse und Obst 75 bis 90 %, Milch 87 bis 90 %, Bier und Wein 86 bis 90 % Wasser (König).

Grössere Schwankungen zeigt der Wassergehalt der Kost, da derselbe je nach Art und Zubereitung der Speisen und je nach der Menge und Beschaffenheit des in derselben vertretenen Getränkes variirt. In der täglichen Gesammt-Nahrungsaufnahme des Erwachsenen, welche 2½ bis 4 kg beträgt, sind 80 bis 88 %, also 2 bis 3,5 kg Wasser enthalten; nach Abzug des Getränkes (Kaffee, Thee, Bier, Wein u. dgl.) fällt an Speisen 2 bis 2½ kg mit einem Wassergehalt von etwa 75 %, so dass durch diese schon zwischen 1,5 bis 1,9 kg Wasser in den Körper täglich eingeführt werden.

Da nun die mittlere Wasserausscheidung auf 2,5 kg zu veranschlagen ist, welcher Verlust, um den Körper auf seinem Bestand zu erhalten, wieder ersetzt werden muss, so bleibt nach Abzug des mit den Speisen dem Körper zugeführten Wassers nur ein verhältnissmässig kleiner Rest zur Deckung mit Trinkwasser übrig, vorausgesetzt, dass es nicht — wie von Vielen — vorgezogen wird, den Durst mit anderen Getränken zu stillen, beziehentlich das Verlangen nach einem flüssigen Genussmittel, mit Bier, Wein, Kaffee, Thee u. dgl. zu befriedigen.

Der Bedarf an Wasser zum Trinken ist sonach ein geringer. Trotzdem nimmt derselbe, wo es gilt, die menschlichen Wohnplätze mit Wasser zu versorgen, eine so hervorragende Stellung ein, dass man gemeinhin nur von Trinkwasser-Versorgung spricht. Diese Bevorzugung, welche dem Trinkgebrauch gegenüber

den anderen Zwecken der Wasserversorgung zu Theil wird, kommt daher, dass lange Zeit nur dieser für die Anforderungen an die Reinheit des Wassers den Ausschlag gab.

Beschaffenheit des Trinkwassers.

Das Wasser, welches wir trinken, muss derart beschaffen sein, dass es uns schmeckt und unserer Gesundheit zuträglich ist. Dazu bedarf es eines gewissen Gehaltes an gasförmigen und an mineralischen Bestandtheilen, es muss frei sein von Riechstoffen und vorherrschend schmeckenden Körpern, es soll farblos, klar und frei von nicht gelösten Stoffen sein und eine erfrischende Temperatur haben.

Der physiologische Bedarf könnte an sich ebensowohl gedeckt werden durch ein geschmackloses destillirtes Wasser, aber, um mit C. v. Voit zu reden, „es gehört zur Aufnahme und Verdauung der Nahrung mehr als ein einfaches Verschlucken der zur Erhaltung des Organismus nöthigen Substanzen“. Ein Trinkwasser von der Armuth an Gasen und mineralischen Stoffen, welche das gewöhnliche destillirte Wasser zeigt, kann uns nicht befriedigen, da ihm der Wohlgeschmack fehlt, es würde im Gegentheil bei Manchem Uebelbefinden und Druck im Magen erregen.

Andererseits hat aber auch der Mensch einen natürlichen Widerwillen gegen ein Trinkwasser, welches nicht den Eindruck der Reinheit macht. Das gleichsam instinktmässige Begehren nach einer reinen Beschaffenheit des Wassers ist ein natürliches Schutzmittel gegen Schädlichkeiten, welche das Wasser in Folge von Verunreinigung in sich schliessen kann; „der Anblick der Trübung im Wasser wirkt durch ein angeborenes Gemeingefühl auf unsere Geschmacksvorstellung, welches sich wahrscheinlich aus der Erfahrung entwickelt hat, dass hie und da eine Trübung auch durch schädliche Stoffe z. B. durch kleine niedere Organismen bedingt sein kann, die unserer Gesundheit schaden“ (v. Pettenkofer[3]).

Die Anforderung, dass das Wasser, mit welchem die Gemeinden sich versorgen, rein und wohlschmeckend sei, ist indessen auch durch das Bedürfniss angezeigt, dass das Trinkwasser, soweit dies möglich ist, in sein Recht als billiges und dem Körper zuträgliches Genussmittel eingesetzt werde, durch dessen Beschaffung in vorzüglicher Qualität sich einer ungerechtfertigten Bevorzugung anderer Getränke entgegentreten lässt.

Die einzelnen Bestandtheile des reinen Wassers haben nur zum Theil eine Bedeutung in Hinsicht des Wohlgeschmacks und der Zuträglichkeit.

a) Die gasförmigen Bestandtheile.

Freie Kohlensäure wird von Vielen noch als eine unerlässliche Bedingung der Güte des Wassers angesehen. Es ist nicht zu leugnen, dass dieselbe geschmacksverbessernd wirkt, aber andererseits ist doch wiederholt durch Analysen festgestellt worden, dass manche tadellos schmeckende Wässer Kohlensäure nur in gebundenem Zustande enthalten und dadurch keineswegs minder verdaulich als andere sind.

Ueber eine physiologische Bedeutung des Sauerstoff- und Stickstoffgehaltes im Wasser ist nichts bekannt. Man darf diese Gase als solche sowohl in Hinsicht des Geschmackes als auch der Wirkung für indifferent erachten.

Alle anderen Gase, wie Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoffe u. dgl. sind schon wegen ihres widerlichen Geruches oder Geschmackes zu beanstanden.

b) Die gelösten mineralischen Stoffe.

Manche anorganische Bestandtheile des Wassers, so das Kochsalz, die Carbonate von Kalk gehören zu den Lebensbedürfnissen des menschlichen Körpers, jedoch lässt sich daraus noch nicht, wie es von verschiedenen Autoren geschehen ist, die Nothwendigkeit ableiten, dass das Trinkwasser solche mineralische Stoffe enthält, denn der Bedarf an denselben wird schon durch die festen Nahrungsmittel in genügender Weise gedeckt.

Ein geringer Gehalt an diesen Bestandtheilen ist jedoch aus Rücksichten des Geschmackes immerhin erwünscht. In gleicher Weise sind übrigens auch die hauptsächlich aus der Mineralisirung von organischen Verunreinigungen hervorgehenden Nitrate — wie man annimmt, durch eine erfrischende Wirkung — geeignet, zur Verbesserung des Geschmackes beizutragen (O. Reich[9]).

Man sagt, dass die Härte des Wassers, der Gehalt an Salzen der Erdalkalien, im Geschmacke fühlbar sei, und glaubt, dass der Mensch, wo ihm die Wahl zwischen Wässern von verschiedener Härte gelassen ist, unbewusst ein Wasser wählt, welches eine mässige oder gar eine geringe Härte hat. Für extreme Verhältnisse mag diese Annahme richtig sein.

c) Die gelösten organischen Stoffe.

Das reine Wasser enthält organische Bestandtheile nur in sehr geringer Menge. Für deren Vorhandensein im Wasser liegt weder

in Hinsicht des Wohlgeschmackes noch der Zuträglichkeit ein Bedürfniss vor.

d) Geruch und Geschmack.

Das zum Versorgungszweck geeignete Wasser ist geruchlos. Beimengungen von Riechstoffen werden leicht durch den Geruchsinn erkannt.

Das Wasser soll weder fade noch vorherrschend nach irgend einem der normalen Wasserbestandtheile schmecken, noch soll der Geschmack an fremdartige Beimengungen erinnern.

Uebrigens werden von den Organen des Geruchs und Geschmacks nur gewisse Verunreinigungen, z. B. Schwefelwasserstoff, wahrgenommen und auch erkannt, während andere unter Umständen sogar Wohlgeschmack vortäuschen können.

e) Farbe und Klarheit.

In Schichten von 1 bis 2 m ist das Wasser farblos, dagegen zeigt dasselbe in einer Schicht von 3 m und darüber eine blaue Farbe (z. B. in Gebirgsseen). Je nachdem durch Verunreinigung färbende Bestandtheile dem Wasser beigemengt sind, tritt auch in kleineren Schichten eine Färbung auf oder es geht die natürliche blaue Farbe der dicken Schichten in eine Mischfarbe über, so in Grün aus Gelb und Blau.

Das Auftreten einer Färbung des Wassers mit suspendirten Theilen geht mit einer Trübung desselben Hand in Hand, wie jene kann die Trübung bedingt sein, durch mineralische, organische und organisirte Stoffe. Es sind oft dem Gewichte und Volumen nach verhältnissmässig sehr geringe Beimengungen, welche das Wasser schon trübe machen, wenige Milligramm Lehm im Liter lassen dasselbe schon getrübt erscheinen.

f) Temperatur.

Die Temperatur des Wassers ist bedingt durch die Wärme der Bahnen, welche dasselbe vor der Entnahme durchlaufen hat.

Für den Trinkgebrauch gibt man in den gemässigten Klimaten einem Wasser den Vorzug, dessen Temperatur sich wenig im Verlauf der Jahreszeiten ändert und der mittleren Jahrestemperatur des Verbrauchsortes, die in Deutschland zwischen 6 und 12 ^{0} C. beträgt, sich nähert. Man kommt durch diese Forderung auf eine Norm von 7 bis 11 ^{0} C, welche im Allgemeinen gerechtfertigt ist, wenn auch der gesunde Mensch zumeist ein um einige Grade kälteres oder wärmeres Wasser ($5\frac{1}{2}$ ^{0} C bis 15 ^{0} C) gut erträgt.

Dass die Temperatur keine zu hohe sei, ist nicht nur im Interesse des Wohlgeschmackes, des Eindruckes der Frische sehr erwünscht, sondern auch in Hinsicht der Bedeutung des Wassers als Mittel zur Abkühlung des Körpers ein wesentliches Erforderniss. Andererseits erscheint es geboten, das Wasser nicht allzu kalt geniessen zu lassen, weil dadurch, wie überhaupt durch einen kalten Trunk nachtheilige Wirkungen auf den Magen und den Gesammtorganismus hervorgerufen werden können.

Seitens der Gesundheitspflege verdient die Temperatur noch in der Hinsicht eine besondere Beachtung, dass das Verlangen nach Erfrischung durch das Wasser mächtiger ist als alle Warnungen vor Gefahr für die Gesundheit. So ist es in Städten, welche der Bevölkerung zwischen einem Leitungswasser, das zwar rein, aber im Sommer zu warm, im Winter zu kalt ist, und einem verdächtigen aber gleichmässig frischen Brunnenwasser noch die Wahl lassen, eine alte, stets wiederkehrende Erfahrung, dass man das letztere, namentlich in der heissen Jahreszeit, allgemein bevorzugt.

Freilich sind wir nicht überall in der glücklichen Lage, das Wasser zu allen Jahreszeiten innerhalb der als wünschenswerth bezeichneten Temperaturgrenze zu erhalten. Aber es besteht noch die Möglichkeit, auf künstlichem Wege die Wärme des Wassers, wenn auch meistens nur im einzelnen Haushalte, zu regeln. Die Behauptung, dass dem Wasser durch eine Abkühlung bis zur erwünschten Temperatur mittelst Einlegen von reinem Eis oder durch Einstellen der Wassergefässe in Eisschränke gesundheitsschädliche Eigenschaften ertheilt werden, darf man getrost verneinen.

Beweggründe zur Beschaffung eines guten Trinkwassers.

Die hohe Bedeutung für die Ernährung an sich könnte schon vollkommen das Verlangen rechtfertigen, dass das zum Genuss bestimmte Wasser in einem appetitlichen, möglichst reinen und wohlschmeckenden Zustande dargeboten wird. Die Gesundheitspflege erfüllt in der Beschaffung eines guten Trinkwassers einen Theil der ihr gegenüber dem Verkehre mit Nahrungs- und Genussmitteln zufallenden Aufgabe, welche sie darüber wachen lässt, dass nur eine genussfähige, unverdorbene Waare abgegeben wird, die zumal frei ist von gesundheitsschädlichen Bestandtheilen.

In der Entfaltung dieser Fürsorge fördert dieselbe theils die Ernährung und Arbeitskraft der Bevölkerung durch Beschaffung eines billigen und guten Nahrungs- und Genussmittels, theils übt sie einen Schutz der Gesundheit nach zwei Richtungen, indem sie einerseits

durch das Darbieten eines reinen, erfrischenden und schmackhaften Wassers dem Missbrauch mit anderen Genussmitteln (alkoholigen Getränken, kohlensauren Wässern, Kaffee, Thee u. dgl.), welchem nicht nur aus sanitären, sondern auch aus wirthschaftlichen Rücksichten Einhalt zu gebieten ist, einen beliebten Entschuldigungsgrund entzieht, und andererseits Gefahren vorzubeugen sucht, welche aus einer schlechten Beschaffenheit des Wassers der Gesundheit drohen.

Von diesen leitenden Gesichtspunkten der Gesundheitspflege ist gerade der letztgenannte heutzutage noch allgemein, nahezu ausschliesslich maassgebend. Es treibt derzeit in der That mitunter mehr die Furcht vor einer Schädigung durch schlechtes Trinkwasser als die Einsicht für so mancherlei Wohlthaten, welche das Wasser dem Menschen bringt, zur Aufnahme besserer Bezugsquellen, wenn nicht schon das Verlangen nach Appetitlichkeit — also der Reinlichkeitssinn — dazu bestimmt, das reinste Wasser für die Versorgung zu wählen.

Das Nutzwasser.

Es bedarf die Frage einer Klärung, ob man nicht aus prophylaktischen Rücksichten an die Reinheit des Wassers für die anderen Zwecke des täglichen Lebens, zum häuslichen, öffentlichen oder gewerblichen Gebrauch, welches man als Nutz- oder Brauchwasser bezeichnet, gleich hohe Ansprüche, wie an die des Trinkwassers machen soll.

Nutzwasser als Träger von Krankheitsstoffen.

Das Nutzwasser kommt, sei es als Wasch- oder Badewasser, sei es bei seiner Anwendung zu anderen häuslichen oder zu gewerblichen Verrichtungen mit dem Menschen vielfach direkt in innige Berührung, wobei es an den Schleimhäuten und an wunden Stellen der Haut lokale Störungen hervorrufen, auch durch Wunden schädliche Bestandtheile in den Organismus entsenden und auf diese Weise ebensogut eine Allgemeinerkrankung bewirken kann, wie durch deren Einführung in den Magen beim Gebrauch als Trinkwasser.

Noch häufiger mag ein unreines, mit Krankheitsstoffen beladenes Nutzwasser indirekt mit dem Körper dadurch in Beziehung treten, dass es bei seiner Anwendung als Reinigungs- und Befeuchtungsmittel des Haushaltes auftrocknet und schädliche Agentien, entweder in Form übelriechender Gase oder staubartiger kleinster Körperchen, durch die Athemwege in den Organismus gelangen lässt. Eine derartige Möglichkeit ist u. A. bei dem Ausscheuern der Wohnräume gegeben

und bieten insbesondere die Stubenböden mit ihren Fugen und Ritzen geeignete Bedingungen für die Entfaltung solcher Schädlichkeiten, mitunter selbst für die Vermehrung parasitärer Elemente dar.

Wenn überhaupt dem Wasser eine pathogene Eigenschaft zuerkannt werden soll, liegt schlechterdings kein Grund vor, warum dieselbe nur dem Trinkwasser und nicht ebenso auch dem Nutzwasser zukommen müsste. Eine in dieser Beziehung geübte Ungleichheit der Ansprüche an die Qualität des Wassers wird um so eher dazu führen, dass man trügerische Hoffnungen mit der Anpreisung der Vortheile einer neuen Wasserleitung bezüglich Verbesserung des Gesundheitszustandes weckt.

Nutzwasser als Mittel zur Reinigung und Erfrischung.

Uebrigens hat auch das Nutzwasser seine positive, physiologische Bedeutung für die Erhaltung und Kräftigung der Gesundheit und für die Förderung der Arbeitsleistung in gleicher Weise wie das Trinkwasser in Hinsicht der Ernährung. Es dient in der Verwendung zu Waschungen und Bädern dazu, den Körper zu reinigen und zu erfrischen, es fördert nicht minder das sanitäre Wohl in seiner Eigenschaft als Mittel zum Reinigen der Kleidung, Wohnung, zur Reinhaltung in Haus und Hof sowie auf der Strasse. Ausser diesen gibt es noch eine Reihe anderer, vorwiegend gewerblicher Zwecke des Nutzwassers, welche mit der Gesundheitspflege, wenn auch nur in indirekter, Beziehung stehen.

Wie die Sicherheitspolizei das Führen von feuersgefährlichen und explosibelen Stoffen in Haus und Hof zum Schutze der Bewohner und der Nachbarschaft überwacht, so muss die öffentliche Gesundheitspflege gegenüber der Unreinlichkeit Stellung nehmen und Maassnahmen treffen, damit nicht durch die Fahrlässigkeit Einzelner die sanitären Bestrebungen Vieler illusorisch werden. Die sorgsamste Reinlichkeit in allen Lebensverhältnissen ist die erste Vorbedingung des Erfolges dieser sanitären Bestrebungen, welche aber ohne Wasser, ohne ein reines, in reichlicher Menge und in leicht zu entnehmender Weise dargebotenes Nutzwasser nicht denkbar ist.

Aus diesem Grunde gebietet das Interesse für die öffentliche Wohlfahrt dringend, den Wasserconsum für den Gebrauch zu Waschungen und Bädern und zu Zwecken der Reinlichkeit im Haushalt, in den Gewerben und dem öffentlichen Leben nach Möglichkeit zu steigern. Erfahrungsgemäss vermag man sich diesem Ziele nur bei einer centralen Wasserversorgung und bei der einheitlichen Zufuhr von Trink- und Nutzwasser zu nähern.

Das Trinkwasser als Krankheitsursache.

Wenn man von den Störungen des Wohlbefindens durch extreme Temperaturen des Wassers oder durch ein Uebermaass im Genusse desselben hier absieht, kommen nur solche Schädlichkeiten in Betracht, welche von einzelnen Bestandtheilen bedingt sind. Es ist daher angezeigt, die dem Wasser in der Pathogenese zugeschriebene Rolle an den Stoffen und Körpern zu erörtern, welche natürlicher oder abnormer Weise darin vorkommen können.

Zusammensetzung des Wassers.

Das Wasser, wie es für den Versorgungszweck den Vorräthen der Natur entnommen wird, ist, selbst wenn es der schönsten Quelle entstammt, kein im Sinne der Chemie reines Wasser, das aus der Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff (H_2O) besteht und von anderen Bestandtheilen frei ist. Nach einem Wasser von dieser Reinheit würde man überhaupt in der Natur vergeblich suchen, es könnte wohl mit Hilfe der künstlichen Destillation, welche z. B. für die Versorgung auf Schiffen in Frage kommt, gewonnen werden, indessen nur unter Anwendung grosser Sorgfalt, denn auch dieses Verfahren macht das Wasser gewöhnlich noch nicht zu einem chemisch reinen. Die Wasserversorgung fasst daher den Begriff der Reinheit weiter als die Chemie.

Es muss uns, wenn wir den Kreislauf des Wassers uns vergegenwärtigen, naturgemäss erscheinen, dass dasselbe noch andere als seine ursprünglichen Bestandtheile enthält, denn es nimmt bei seinen Wanderungen in der Atmosphäre, auf der Oberfläche oder im Schoosse der Erde Bestandtheile auf, gibt im Weiteren wieder solche gegen andere ab und erfährt in verschiedener Hinsicht je nach Beschaffenheit der Luft- und Erdschichten, durch welche es kommt, grössere oder geringere Veränderungen. Waren diese Wege, die das Wasser nimmt, frei von den verunreinigenden Einflüssen der Bewirthschaftung und Bewohnung der Erdoberfläche, so zeigt seine Zusammensetzung nur die charakteristischen Merkmale der reinen Luft oder der reinen Bodenschichten an, und sind die einzelnen Bestandtheile, in Anbetracht ihres regelmässigen Vorkommens, selbst im reinsten Wasser des Bezugsortes als „natürliche" zu bezeichnen.

In diesem Sinne können als natürliche Bestandtheile, wenn man hier die schon aus Geschmacksrücksichten zum Versorgungszweck nicht geeigneten Wässer unberücksichtigt lässt, je nach der Art des Bezuges und dem Orte der Entnahme in Betracht kommen: gelöste,

freie Gase (Kohlensäure, Sauerstoff, Stickstoff), gelöste, organische Stoffe in geringer Menge, gelöste Salze der Alkalien und Erdalkalimetalle, des Magnesiums, Aluminiums (Thonerde), Ammoniaks, Eisens, Mangans als Carbonate, Chloride, Sulfate, Nitrate, Nitrite, Silicate und selbst als Phosphate (vgl. S. 4 „Die Wasservorräthe der Natur").

Da die Bedingungen zum Austausch von Bestandtheilen, zwischen dem Wasser und der Luft oder dem Boden, sowohl nach Ort als auch nach Zeit grossen Schwankungen unterliegen, zeigt die Zusammensetzung des Wassers von verschiedener Herkunft erhebliche Unterschiede und lässt die Beschaffenheit selbst ein und desselben Wassers mehr oder weniger wesentliche zeitliche Aenderungen erkennen. Immerhin sind aber doch für die einzelnen Bezugsquellen diese Schwankungen an eine Grenze gebunden, aus deren Ueberschreitung man auf die Einwirkung aussergewöhnlicher Einflüsse, auf eine Veränderung des Wassers in Folge von Verunreinigung seiner Wege mit den Ausdünstungen beziehungsweise Abfällen des Haushalts, der Gewerbe u. s. w. — oder in Folge der Aufnahme von Bestandtheilen aus dem Leitungsmaterial schliessen kann.

Die Merkmale zur Unterscheidung des verunreinigten vom reinen Wasser sind sowohl quantitative als qualitative, indem im ersteren die natürlichen Bestandtheile in grösserer Menge vorhanden oder zu ihnen noch andere Stoffe getreten sein können, welche im Vergleich zum Befunde am reinen Wasser als eine fremdartige Erscheinung zu erachten sind. Diese in Folge einer Verunreinigung im Wasser auftretenden „zufälligen" oder „accessorischen" Bestandtheile sind — entsprechend den unzähligen Arten der in Luft und Boden vorkommenden Beimengungen — überaus mannigfaltig, dieselben können gasförmig oder fest, gelöst oder ungelöst sein, aus mineralischen, organischen und organisirten Körpern bestehen.

Die Wasserbestandtheile in pathogener Hinsicht.

Wir wollen im Folgenden untersuchen, inwieweit man berechtigt ist, einzelne Bestandtheile des Wassers der für die Versorgung in Frage kommenden Bezugsarten der Gesundheitsschädlichkeit anzuklagen.

a) Die gasförmigen Bestandtheile.

Freie Kohlensäure ist in den zum Versorgungszweck bestimmten Wässern in der Regel nur in geringer Menge enthalten. Die Kohlensäure des Grundwassers entstammt zum Theil aus der Atmosphäre,

zum grössten Theil jedoch aus der Grundluft, deren Kohlensäuregehalt entweder vulkanischen Ursprungs ist oder aus der Oxydation kohlenstoffhaltiger organischer Stoffe, also aus Fäulnissprocessen im Boden hervorgeht. Das vom Wasser absorbirte Gas wird fast vollständig zur Bildung von Carbonaten und löslichen Bicarbonaten aufgewandt, so dass die Verunreinigung des Bodens selten durch einen stärkeren Gehalt an freier Kohlensäure als vielmehr durch eine Zunahme der gebundenen und der Bicarbonate von Calcium, Magnesium und Eisen im Grundwasser zum Ausdruck kommt.

Gegen die Kohlensäure bestehen trotz der Möglichkeit ihrer Abstammung von fermentativen Vorgängen keine sanitären Bedenken, auch sind auf der anderen Seite keine Thatsachen bekannt, auf Grund welcher anzunehmen wäre, dass das gewöhnliche Trinkwasser durch einen zu starken Gasgehalt zu Störungen im Organismus Anlass gibt.

Der Mangel des Wassers an freiem Sauerstoff schliesst an sich für die Gesundheit ebensowenig eine Gefahr in sich als das Fehlen der freien Kohlensäure. Das Wasser erhält seinen Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft oder aus der Grundluft.

Der Gehalt regelt sich nach der Temperatur des Wassers und nach dem Partiardruck des Sauerstoffs in der umgebenden Luft und sinkt in Folge des Verbrauchs zu chemischen Umsetzungen anorganischer und organischer Körper und zur Ernährung niederer Lebewesen im Wasser.

Der Stickstoffgehalt des Wassers entstammt wohl zum grössten Theile der atmosphärischen Luft, möglicher Weise wird auch ein geringer Theil aus der Fäulniss stickstoffhaltiger organischer Stoffe aufgenommen. Der freie Stickstoff übt in gesundheitlicher Beziehung keinen Einfluss aus.

Die bisweilen im Grundwasser als aussergewöhnliche Erscheinung auftretenden geringen Mengen von Schwefelwasserstoff sind als solche, abgesehen von einer Störung des Wohlbefindens durch den widerlichen Geruch und Geschmack, nicht geeignet, die Gesundheit zu benachtheiligen. Schwefelwasserstoff entsteht im Boden oder Wasser entweder durch Reduktion von Sulfaten bei Gegenwart von Algen und organischen Stoffen (Abwässer von Zuckerfabriken) oder durch faulige Zersetzung von schwefelhaltigen organischen Körpern.

Wo derselbe als natürlicher Bestandtheil sich vorfindet, können wir seinen Ursprung häufig auf eine Umsetzung von Sulfiden (Kiesen, Glanz und Blenden) mit Wasser zurückführen.

An gasigen Verunreinigungen des Wassers sind noch beobachtet worden die Bestandtheile des Leuchtgases, ferner Phos-

phorwasserstoff. Das Auftreten der Ersteren erklärt sich aus dem häufigen Vorkommen von Undichtigkeiten in der Gasleitung und insbesondere durch das Aussickern von Gaswasser aus den Gasometerbassins. Der Phosphorwasserstoff wird wahrscheinlich dem Wasser aus der Zersetzung von Eiweissstoffen zugeführt.

Ueber eine Benachtheiligung der Gesundheit durch die Aufnahme solcher Stoffe mit dem Wasser liegen Erfahrungen nicht vor, es wird derselben schon dadurch einigermaassen vorgebeugt, dass das Wasser durch deren Beimengung eine Geschmacksänderung erfährt, die es zum Genuss unbrauchbar macht.

b) Die mineralischen Bestandtheile.

Die anorganischen Körper, welche oben als Bestandtheile des in der Natur vorkommenden reinen Wassers genannt wurden, sind an sich für den Organismus nichts Fremdartiges, denn sie sind auch in anderen Nahrungs- und Genussmitteln vertreten und werden mit denselben oft in weit grösserer Menge, als sie im reinen Trinkwasser vorkommen, ohne jede Störung des Wohlbefindens genossen.

Da die Mineralwässer von der Versorgung ausgeschlossen sind und in gleicher Weise das Meerwasser wegen seines hohen Salzgehaltes dabei nicht in Betracht kommt, enthält auch das reine Wasser die mineralischen Körper gewöhnlich nicht in einer solchen Menge gelöst, dass das kleine Wasserquantum, das man trinkt, schon arzneiartige Wirkungen hervorrufen kann. Dies gilt auch im Allgemeinen von der Vermehrung der natürlichen Bestandtheile in Folge von Verunreinigung des Bodens oder durch direkte Zuflüsse von Auswurfstoffen und Abfällen des Haushalts und der Industrie. Nur in höchst seltenen Fällen wird so jene Concentration erreicht, bei welcher diese Stoffe im Stande sind, den Organismus mit einer Störung zu bedrohen. Ebensowenig kann man etwa auf Grund dieser Abstammung ohne Weiteres behaupten, dass ein derartiger Zuwachs an den einzelnen mineralischen Bestandtheilen des Wassers der Gesundheit nachtheilig sei oder schädlich werden könne.

In der Mehrzahl dürfen die verunreinigenden Beimengungen zunächst nur als mehr oder weniger verlässliche Merkmale dafür gelten, dass das Wasser mit Auswurf- und Abfallstoffen in Berührung war, ohne inzwischen die ihm bei seinen Wandelungen und Wanderungen in der Natur dargebotenen Läuterungsvorgänge mit Erfolg durchgemacht zu haben.

Wo z. B. ein höherer Kochsalzgehalt in einem Brunnenwasser gefunden wird, als entsprechend den Verhältnissen des Bodens, dem es ent-

stammt, zu erwarten ist, lässt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass der Mehrgehalt an Kochsalz vom menschlichen Haushalt, vielleicht von Harn herrührt. Trotz solcher Provenienz ist von diesem Kochsalz an sich keine andere Wirkung zu erwarten, wie von dem als natürlicher Bestandtheil im Wasser vorkommenden, beziehentlich wie von dem Kochsalz, mit welchem wir sonst unsere Speisen würzen.

Die Zunahme des Gehaltes an Chloriden gilt gleichsam nur als Warnungszeichen insbesondere gegenüber jenen Krankheiten, von welchen man voraussetzt, dass die Auswurfstoffe der Kranken zu Trägern der Krankheitskeime werden können. (Vgl. S. 128, „Die Deutung des Untersuchungsergebnisses“.)

Ohne Zweifel würde man bei der Beurtheilung des Wassers vielen dieser Beimengungen — es sei denn aus Rücksichten der Appetitlichkeit — wenig oder gar keine Beachtung schenken, wenn die Aetiologie der Krankheiten, von welchen ein ursächlicher Zusammenhang mit dem Trinkwasser vermuthet wird, soweit geklärt wäre, dass aus dem Chaos von Körpern, welche in dem Wasser vorkommen, einer oder der andere als die eigentliche Krankheitsursache mit Sicherheit namhaft gemacht werden könnte.

Indessen hat man doch nach Maassgabe einiger in der Literatur vorliegenden Mittheilungen über nachtheilige Wirkungen des Wassers gewisser Gegenden (Auftreten von Durchfällen, Concretionen in den Harnorganen, Kropf u. dgl.) zu erwägen, ob nicht diese Körper bei einer gewissen Concentration unzuträglich sind.

So liegen wiederholt bestätigte Erfahrungen über die Entstehung von Diarrhöen durch das in Paris gebotene Trinkwasser vor, welche insbesondere bei Fremden auftreten und durch einen starken Gypsgehalt des Wassers bedingt sein sollen. Nach einigen Mittheilungen soll auch das Wasser mancher Flüsse, so des Mississippi, des Ganges u. A., zu gewissen Jahreszeiten, wie man annimmt, durch nicht gelöste mineralische (erdige) Bestandtheile Durchfälle und selbst Darmulcerationen mit tödtlichem Verlaufe hervorrufen. Es ist ferner bekannt, dass der Genuss von Brackwasser, einer Mischung von Süss- und Meerwasser, Diarrhöe erzeugt.

In Dorpat hat man die Erfahrung gemacht, dass bei Frauen und Kindern Diarrhöen durch den Genuss des dortigen Brunnenwassers, „Stadtlaugenwassers“, vorkommen, namentlich nach einem Wohnungswechsel, wenn die frühere Wohnung mit reinem Quellwasser versorgt war. Als eigentliche Ursache dieser Durchfälle bezeichnet C. Schmidt den Gehalt an Magnesiumchlorid und Magnesiumnitrat.

Diese Beobachtung erinnert, wie auch andere der Art, daran, dass die Gewöhnung für die Zuträglichkeit eines abnorm beschaffe-

nen Wassers nicht ohne Belang ist. Es lassen sich aus diesem Grunde die aus dem Befinden der Fremden gewonnenen Erfahrungen keinesfalls an der Hand von gegentheiligen Beobachtungen an der eingeborenen Bevölkerung in Abrede stellen, wenn auch immerhin einige Vorsicht im Urtheil geboten ist, da der Fremde noch in manchen anderen Dingen als im Wasser auf der Reise ungewohnte Lebensverhältnisse antrifft und deren Einwirkung ausgesetzt ist.

Es ist eine von den Fremden in München oft gehörte Klage, dass das dortige Wasser diarrhoisch wirke, jedoch in der Mehrzahl der Fälle lässt sich das Unwohlsein entweder auf die Einwirkung ungewohnter klimatischer Verhältnisse oder eines über das gewohnte Maass hinausgehenden Biergenusses zurückführen, den man sich aus Scheu vor dem als ungesund verrufenen Münchener Wasser gestattet hat.

Für die Annahme, dass die Gewöhnung nicht gleichgültig ist, sprechen übrigens noch eine Reihe von anderen Thatsachen aus der Ernährungslehre. Indessen ist es nicht gesagt, dass die Ursache, wenn wirklich der Genuss des Wassers Diarrhöe zur Folge hat, unbedingt in einem Bestandtheil desselben, und zumal in einem mineralischen, zu suchen ist.

Die Angabe des Wiener Wasserversorgungsberichtes[1], dass die purgirende Wirkung des Wassers direkt proportional sei dem Gehalte an salpetersaurer Magnesia und salpetersaurem Kali lässt mich vermuthen, dass sie weniger auf Beobachtung und Erfahrung als auf einer etwas doctrinären Uebertragung der Dosirungsregeln der Materia medica beruhe.

Es wird mitunter die Behauptung aufgestellt, dass ein Wasser, welches reich an Erdsalzen ist, zu Concretionen in den Harnorganen und zu Verdauungsstörungen führe. Die darüber vorliegenden Angaben sind aus rein theoretischen Erwägungen hervorgegangen und entbehren durchaus der erforderlichen thatsächlichen Begründung durch vorurtheilsfreie Erhebungen aus dem praktischen Leben.

Auch in Hinsicht der allgemeinen Gesundheitsverhältnisse sollte die Härte des Wassers von erheblichem Einflusse sein, und wurden in dieser Beziehung die widersprechendsten Meinungen geäussert. Manche gingen von der physiologischen Bedeutung des Calciumcarbonats für den Aufbau des Körpers aus und erachteten die Kalksalze als schutzbringende Bestandtheile, weil hartes Wasser weniger als weiches dazu neige, lebende Organismen und organische Stoffe zu führen und Blei aus den Leitungsröhren aufzulösen. Im Gegensatz zu diesen wollten Andere wieder gefunden haben, dass das harte Wasser die Sterblichkeit mehr begünstige. So wurde vornehmlich

aus der Besserung der gesundheitlichen Verhältnisse in englischen Städten, nachdem sie mit reinem, minder hartem Wasser versorgt waren, auf sanitäre Vortheile des weichen Wassers geschlossen.

Letheby kam aber bei der Vergleichung der Sterbeziffer von 65 englischen Städten mit der Härte des Wassers gerade zur entgegengesetzten Meinung, er fand, dass mit der zunehmenden Härte, wenn sonst das Wasser gut sei, die Sterblichkeit abnehme. Auch nach den eingehenden Erhebungen der englischen Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung hat man keinen Grund anzunehmen, dass die Härte des Wassers auf die Sterblichkeit einen Einfluss äussere, obschon ein sehr hartes Wasser immerhin geringe Uebel im Körper bewirken könne.

Für die Bildung von Kropf sind schon die verschiedensten Bestandtheile des Wassers verantwortlich gemacht worden: Bald sollte die Ursache ein stärkerer Gehalt an Erdsalzen, an Calcium- oder Magnesiumverbindungen sein, bald wurde behauptet, dass gewisse eisenhaltige Wässer zu Kropf führen, bald sollten Brom- und Fluorverbindungen kropferzeugend wirken, bald wurde in einem Mangel des Wassers an Jod die Ursache des Kropfes vermuthet u. s. w. Keine dieser Angaben hat sich in der Weise bewährt, dass das Wasser in den verschiedenen Kropfgegenden stets die gleiche, als charakteristisch bezeichnete Eigenthümlichkeit dargeboten hätte, oder dass es gelungen wäre, durch Fütterungsversuche mit einem der verdächtigen Wasserbestandtheile in einiger Regelmässigkeit Kropf zu erzeugen.

In den letzten Jahren ist die bestehende Neigung, die Ursache des Kropfes in den mineralischen Bestandtheilen des Wassers zu suchen, mehr und mehr erkaltet. Die jüngste Forschung auf diesem Gebiete war darauf gerichtet, den Krankheitskeim in parasitären Elementen des Wassers aufzufinden. Der in dieser Richtung erzielte einmalige Erfolg harrt der Bestätigung durch weitere Beobachtungen, ja es muss heutzutage selbst die Frage, ob überhaupt das Wasser am Kropf Schuld sei, noch als eine offene betrachtet werden.

Es ist auch der unbestreitbaren Thatsache hier zu gedenken, dass das Trinkwasser bisweilen zu schweren Schädigungen der Gesundheit führen kann, wenn es giftige Bestandtheile aus metallischen Leitungsröhren, Pumpen oder Behältern der Wasserversorgung aufgenommen hat. Von diesen gibt das Blei am meisten zu sanitären Bedenken Anlass, denn es liegen nicht nur praktische und experimentelle Erfahrungen über dessen Angreifbarkeit durch das Wasser vor, sondern es sind auch untrügliche Fälle von Blei-

vergiftung durch Vermittelung des Trinkwassers beobachtet worden (vgl. S. 236, „Hausleitungen“).

Von anderen Metallen, wie Zink und Kupfer, welche auch mitunter zu den genannten Zwecken verwerthet werden, ist gleichfalls zur Genüge die Angreifbarkeit durch das Wasser festgestellt worden. Das Regenwasser löst Zink in erheblichem Maasse, wenn es auf Zinkdächer fällt und in offenen Zinkbehältern oder in Cisternen, die mit Zinkblech ausgeschlagen sind, gesammelt und aufbewahrt wird.

Unter den Verhältnissen des gewöhnlichen Gebrauchs von Zink- und Kupfergeräthen geht das Metall an das Wasser nicht in Mengen über, dass eine Schädigung der Gesundheit daraus zu befürchten wäre; wenigstens liegen untrügliche Erfahrungen zu Gunsten der Annahme nicht vor, dass im praktischen Leben auf diese Weise Gesundheitsstörungen entstehen.

Das Gleiche lässt sich auch von den Gefässen zur Aufbewahrung des Wassers im Haushalte sagen, welche innen mit einer blei- oder zinkhaltigen Oelfarbe angestrichen sind.

Zur Aufnahme von Eisen aus dem Leitungsmaterial neigen nur manche Wässer in besonderem Grade (vgl. S. 230, „Röhrenleitungen“).

Der Eisengehalt kann zwar den Werth des Wassers für den Trinkgebrauch und für verschiedene häusliche und gewerbliche Zwecke wesentlich herabsetzen und es selbst unbrauchbar machen, hat aber nicht als nachtheilig für die Gesundheit zu gelten.

Manche Industriezweige tragen durch die Art der Beseitigung ihrer Fabrikationsrückstände und Abfälle zu einer Beimengung von mineralischen Stoffen zum Wasser bei. In der Fachliteratur ist hin und wieder über einen Nachtheil für die Gesundheit durch mineralische Verunreinigungen des Trinkwassers seitens der Industrie berichtet worden (vgl. S. 28).

Da die Schädlichkeit dieser Stoffe, in Folge der Verdünnung, welche sie im Wasser erfahren, nicht lediglich nach Maassgabe ihres physiologischen oder toxikologischen Charakters zu beurtheilen ist, sondern wesentlich auch von der Concentration, in der sie im Wasser vorkommen, beziehentlich von der Menge, in der sie mit dem Wasser genossen werden, abhängt, lässt sich ein allgemeines Urtheil über die Gefahr nicht fällen, welche der Gesundheit daraus erwachsen kann. Immerhin ist es als eine wichtige Aufgabe der Sanitätspolizei zu erachten, dass sie den Einfluss überwacht, welchen die Gewerbe und die Fabriken auf die benachbarten Bezugsquellen der Wasser-

versorgung ausüben, um rechtzeitig einer Gefahr vorzubeugen; sie wird überhaupt, so weit es thunlich ist, die ihr zu Gebote stehenden Mittel aufzubieten haben, um jeder vermeidlichen Ueberantwortung von Schmutz und Unrath an die, dem Versorgungszwecke dienenden, Wasservorräthe der Natur wirksam entgegenzutreten.

c) Die organischen Bestandtheile.

Am häufigsten werden die organischen Stoffe im Wasser der Gesundheitsschädlichkeit bezichtigt; man macht sie als Ursache für das Entstehen und die Verbreitung verschiedener Krankheiten verantwortlich.

Nach einigen Angaben soll die Verunreinigung des Trinkwassers mit fauligen organischen Stoffen pflanzlicher oder thierischer Abkunft im Stande sein, Durchfälle zu erzeugen; so erzählt man sich u. A. vom Wasser der Newa, dass sein Genuss, besonders bei solchen, welche nicht daran gewöhnt sind, durch einen reichlichen Gehalt an organischen Substanzen, Diarrhöen bewirke. Ebenso wird von verschiedenen Beobachtern der Genuss eines durch organische Stoffe verunreinigten Trinkwassers als Entstehungsursache der Dysenterie genannt.

Derzeit lässt es sich noch nicht ermessen, inwieweit diese Angaben das Ergebniss einer auf Thatsachen sich stützenden, ätiologischen Forschung sind, oder ob dieselben noch theilweise unter dem Einflusse theoretischer Erwägungen stehen, welche — einerseits angesichts des hergebrachten Glaubens, dass manche Krankheiten mit Fäulnissvorgängen in ursächlichem Zusammenhange stehen, andererseits angesichts der nachgewiesenen Beziehung einiger Infektionskrankheiten zum Boden — freilich die Vermuthung nahe legen, dass das Wasser, welches der Mensch zum Trink- und Hausgebrauch der Erdoberfläche und dem Boden entnimmt, unter geeigneten Bedingungen zum Vermittler von krankheiterregenden Stoffen wird.

Auch ist die Rolle, welche dem Wasser bei der Entstehung der Malariakrankheiten zuerkannt wird, mit einiger Zurückhaltung zu beurtheilen. Für diese steht es allerdings fest, dass sie mit Vorliebe auf einem mit vegetabilischen Resten und den Produkten ihrer fauligen Zersetzung durchtränkten Boden herrschen, aber es ist die Annahme, dass die Einführung des Krankheitsstoffes in den Körper mit dem Trinkwasser erfolgt, noch ebenso wenig sicher gestellt, wie die Behauptung, dass faulende organische Stoffe oder Gase, die sich daraus entwickeln, die eigentlichen Krankheitsursachen sind. Die bis jetzt ermittelten Thatsachen zwingen vielmehr dazu, den Fäul-

nissvorgängen im Boden höchstens nur die Bedeutung einer Hilfsursache oder einer wohl häufig coincidirenden, aber nicht im Causalnexus stehenden Theilerscheinung beizumessen und nach einer specifischen Potenz zu suchen, welche unter gewissen Bedingungen im Boden gedeiht und in dem menschlichen Organismus, gleichgültig ob dieselbe in den Körper durch das Trinkwasser oder die Luft übertragen werde, Malaria erzeugt.

In der Aetiologie der Cholera und des Abdominaltyphus wurde gleichfalls den organischen Bestandtheilen im Wasser vielfach eine Bedeutung zugeschrieben. Wie die Meinungen über die Art der Entstehung dieser Krankheiten im Wesentlichen nach zwei Richtungen getheilt sind, so findet auch die Beziehung der organischen Stoffe zu derselben eine verschiedene Auffassung.

Die Einen halten den Infektionsstoff für einen entogenen, welcher im Kranken reproducirt und durch dessen Ausscheidungen verbreitet werde, sie erachten das Auftreten von organischen Substanzen und anderen Merkmalen der Verunreinigung mit Jauchestoffen als ein Verdachtsmoment für die Inficirung des Wassers. Die Anderen nehmen an, dass der Infektionsstoff ektogener Natur d. h. dass der Keim, wenn er vom Kranken kommt, noch nicht zum Krankheitserreger fertig gebildet sei, sondern in einem anderen Medium — so in einem, mit leicht zersetzlichen organischen Körpern durchtränkten Boden — erst wieder zu einem wirklichen Infektionsstoff werde. Für diese haben die organischen Substanzen nicht lediglich die Bedeutung eines muthmaasslichen Begleiters der schädlichen specifischen Potenz, sondern sie gelten als eine Bedingung für die Entwicklung derselben, sie sind sammt ihren Zersetzungsprodukten ein Zeichen der örtlichen beziehungsweise auch der zeitlichen Disposition.

Wohl sprechen Thatsachen dafür, dass diese Krankheiten mit dem Boden in irgend einem ätiologischen Zusammenhang stehen, indem derselbe für ihre Entstehung den eigentlichen Keim oder eine wesentliche Hilfsursache liefert, aber es ist u. A. noch eine Streitfrage, ob die Betheiligung des Bodens an der Infektion durch das zum Trink- oder Hausgebrauch demselben entnommene Grundwasser vermittelt wird oder durch Einathmung von Grundluft geschieht, welche in Folge ihrer fortwährenden Strömungen sowohl der Luft im Freien als auch in den Wohnräumen beigemengt ist. Theoretische Betrachtungen sprechen mehr oder weniger dafür, dass sowohl die Luft als auch das Wasser die Rolle eines Trägers von Infektionsstoffen übernehmen kann, auch werden Erfahrungen aus

der ärztlichen Praxis zu Gunsten sowohl der einen wie der anderen Möglichkeit geltend gemacht. Jedoch muss an der Hand des Ergebnisses der exakten Forschung die Annahme, dass die Ursache der Krankheit vorherrschend in der Beschaffenheit des getrunkenen Wassers zu suchen sei, zum mindesten noch als verfrüht erachtet werden.

In jenen Fällen, welche zu Gunsten der sog. Trinkwassertheorie und insbesondere zum Beweis der Schädlichkeit der organischen Stoffe angeführt werden, lässt die Beobachtung eine streng sachliche Kritik in der Richtung vermissen, ob die aufgefundenen Beziehungen zwischen den Erkrankungen und dem Trinkwasser in der That ausschliesslich auf dessen Gehalt an organischen Bestandtheilen zurückzuführen, oder ob die letzteren nur als Hilfsursachen oder als regelmässige oder mehr zufällige indifferente Begleiter des eigentlichen Krankheitserregers aufzufassen sind. Dem hier geäusserten Zweifel geben alle bisherigen Mittheilungen und selbst diejenigen von anerkannt vorsichtigen und glaubwürdigen Berichterstattern Raum, weil die Technik der Trinkwasseruntersuchung dem Beobachter überhaupt noch nicht die Mittel an die Hand gegeben hat, um einen bestimmten Wasserbestandtheil unter Ausschluss aller anderen als Krankheitsursache verantwortlich zu machen.

Der chemische Befund und sein diagnostischer Werth.

Die organischen Stoffe, welche die Wasseranalyse durch ihre Methoden zu kennzeichnen sucht, stellen eine sehr umfangreiche Gruppe von verschiedenartigen chemischen Körpern dar, von welchen sich keineswegs a priori sagen lässt, dass sie dem menschlichen Organismus nachtheilig sind oder nachtheilig werden können. .Sicherlich ist die Mehrzahl der einzelnen Componenten des Sammelbegriffes „organische Stoffe“ in unserer täglichen Nahrung in grösserer Menge vertreten als in dem Wasser, das wir trinken, und verhält sich dieselbe dabei durchaus indifferent.

Nicht minder mannigfaltig sind die aus eiweissartigen Stoffen, aus Fetten und Kohlehydraten durch Fermentation entstehenden Körper. Auch ihnen gegenüber darf man überzeugt sein, dass sehr viele an sich als unschuldig zu gelten haben und dass die schädlichen nicht unbedingt bei der Einführung in den Magen zur Wirkung gelangen, weil sie zumeist in einem sehr verdünnten Zustande vorhanden sind.

Tiemann und Preusse[5] haben in einer ihrer Arbeiten über die Prüfung der Methoden zur Wasseranalyse eine Liste von Repräsentanten der möglicherweise vorkommenden Umsetzungsprodukte, indessen ohne

Anspruch auf Vollständigkeit, aufgestellt, welcher Folgendes zu entnehmen ist.

Von den bei der Fäulniss eiweissartiger Stoffe auftretenden Spaltungsprodukten sind u. A. zu nennen: Peptone, Trimethylamin, Amidoderivate von ein- und zweibasischen Säuren der fetten Reihe (Leucin, Asparaginsäure, Glutaminsäure u. s. w.), Säuren der fetten Reihe (Valeriansäure, Buttersäure u. s. w.). Ferner Substanzen, welche der aromatischen Reihe angehören (Phenol, Kresol, Indol, Skatol, Tyrosin, Hydroparacumarsäure, Paroxyalphatoluylsäure, Hydrozimmtsäure, Alphatoluylsäure).

Die Fette zerfallen in Glycerin und kohlenstoffreiche Fettsäuren, welche durch Oxydationsvorgänge im porösen Erdboden wohl rasch in Säuren niederer Kohlenstoffreihen umgewandelt werden. Durch Gährung entstehen aus den Kohlehydraten eine grosse Anzahl von Alkoholen (Aldehyden) und Säuren derselben Reihe.

Ferner können aus Senkgruben, Kloaken u. dgl. und durch direkte Zuflüsse die Bestandtheile menschlicher Auswurfstoffe in die natürlichen Wässer übertreten. Ausserdem nimmt das Wasser sog. Humusstoffe, welche sich durch eine langsame Verwesung der in den obersten Erdschichten eingebetteten Ueberreste der Vegetation bilden, in Lösung auf; dieselben sind als der rückständige Theil dieser organischen Stoffe aufzufassen, der sich in Folge geringer Oxydirbarkeit der Mineralisirung entzieht.

Es können somit leicht veränderliche und rasch oxydirbare organische Körper neben sehr beständigen Verbindungen, flüchtige neben nicht flüchtigen u. s. w. vorkommen.

Die organischen Stoffe im Wasser bieten, wie aus der erwähnten Aufstellung ersichtlich ist, ein sehr complicirtes und sehr variabeles Bild dar.

Bisher war aber noch Niemand im Stande, einen einzelnen der im Wasser vorkommenden organischen Stoffe mittels Analyse herauszugreifen und der Gesundheitsschädlichkeit zu überführen, vielmehr sind die Beschuldigungen gegen dieselben im Allgemeinen gerichtet und werden höchstens die zu „fermentativen Vorgängen“, zu „fauliger Zersetzung“ geneigten als die gefährlichen bezeichnet. Die schwierig oxydirbaren Humussubstanzen gelten als unschädlich.

Kein einziges der bekannten Verfahren zur Bestimmung der organischen Substanzen gibt ihre Gesammtmenge auch nur einigermaassen richtig an oder ermittelt wenigstens diejenigen, welche mehr als die anderen die Entwicklung von fermentativen Processen begünstigen. So will man aus der Menge des Kaliumpermanganats, welche durch das Wasser reducirt wird, auf dessen Gehalt an organischen Körpern schliessen, wenngleich im besten Falle nur die leicht zu oxydirenden oder, richtiger gesagt, die unter den gegebenen Versuchsbedingungen mit Chamäleon oxydirbaren organischen Stoffe — und freilich mit diesen auch anorganische Körper wie

Eisenoxydul, Nitrite, Sulfide, Schwefelwasserstoff — durch diese Probe angezeigt werden.

Keineswegs begnügte man sich damit, in diesen sauerstoffbedürftigen Körpern das geeignetste Material für die Fäulniss oder das Substrat für die Entwicklung von Infektionskeimen im Boden zu erblicken oder besser zu vermuthen, sondern von Vielen werden dieselben als eine Schädlichkeit an sich aufgefasst.

Diesem Glauben gibt auch Reichardt[6] (S. 11) Ausdruck, indem er es für unzweifelhaft erachtet, dass die fraglichen zur Aufnahme von Sauerstoff äusserst geeigneten Substanzen, der Gesundheit, „dem Athmungsprocess", nur nachtheilig sein können.

Wenn dem so wäre, müsste doch aus sanitären Rücksichten mancher Bestandtheil der menschlichen Nahrung, z. B. der Zucker, von der Liste der zuträglichen Nahrungsmittel gestrichen werden.

Nicht anders verhält es sich mit den übrigen Verfahren zur Prüfung des Wassers auf organische Stoffe (vgl. S. 71).

Wie nun die Analyse gegenüber den organischen Substanzen und ihren möglicherweise toxisch wirkenden Umsetzungsprodukten uns noch im Stiche lässt, gestattet der chemische Befund ebensowenig einen Einblick in der Richtung, ob sich aus denselben durch fermentative Vorgänge im Wasser gesundheitsschädliche Körper gebildet haben, welche im menschlichen Organismus einen der Fäulniss gleichen oder analogen fermentativen Vorgang auslösen könnten.

In der Aenderung des Gehaltes an Sauerstoff, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff, sowie an Ammoniak, salpetriger Säure und Salpetersäure finden wir unter Umständen wohl Anzeichen von Zersetzungsvorgängen im Wasser beziehentlich seiner Umgebung, aber keinen einigermaassen verlässlichen Aufschluss darüber, ob das Wasser durch die Umsetzung von organischen Stoffen irgend welche schädlichen Eigenschaften angenommen habe.

Ueber die direkten Beziehungen des Sauerstoffs, der Kohlensäure und des Schwefelwasserstoffs zur Gesundheit habe ich mich schon früher geäussert. In gleicher Weise haben Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure sowie ihre Salze in derjenigen Verdünnung, in welcher sie im Trink- und Nutzwasser vorkommen, an sich als indifferent zu gelten.

Dass die symptomatische Bedeutung der genannten Bestandtheile nur unter gewissen Beschränkungen zutrifft, erhellt zur Genüge aus der Thatsache, dass der Gehalt des Wassers an denselben nicht etwa ausschliesslich durch den Zerfall der organischen Stoffe

bedingt ist, wie dies für die Kohlensäure, den Sauerstoff und Schwefelwasserstoff bereits oben bemerkt wurde.

Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure werden aus den stickstoffhaltigen Körpern im Boden unter Betheiligung von Schizophyten gebildet und sind als wechselseitige Umsetzungsprodukte aufzufassen, welche entweder vom Ammoniak zur Salpetersäure aufsteigend durch Oxydation oder von der Salpetersäure zum Ammoniak absteigend durch Reduktion in einander übergehen. Da aber auch diese Körper anderen Ursprunges sein, z. B. mit dem Meteorwasser, in welchem sie nahezu regelmässig vorkommen, in den Boden zum Grundwasser und zumal in die offenen Wasserläufe gelangt sein können, dürfen wir sie nur bedingungsweise als Kennzeichen von vorhandenen oder abgelaufenen Zersetzungsvorgängen anerkennen.

Unter diesen Produkten des Zerfalls der stickstoffhaltigen organischen Körper, welchen nach hergebrachten Begriffen an und für sich ein wärmeres Interesse als denjenigen der Kohlenstoff-Verbindungen zu Theil wird, legt man vorwiegend dem Auftreten von Ammoniak und salpetriger Säure eine hohe Bedeutung bei, indem sie als Symptome dafür angesehen werden, dass der Zersetzungsvorgang noch nicht zum Abschluss gekommen ist, während man in der Salpetersäure das Endprodukt der Mineralisirung erblickt, welche als eine Unschädlichmachung aufgefasst wird.

Auf den Gang der Nitrifikation wirken eine grosse Reihe von Bedingungen ein, so dass aus wechselnden Ursachen, deren Klarstellung wohl im Laboratoriumsversuch, nicht aber unter den complicirteren, natürlichen Verhältnissen möglich ist, es in einem Falle nur zur Salpetersäurebildung kommt, im anderen nebenbei auch Ammoniak oder salpetrige Säure auftritt. Häufig ist der prompte Verlauf der Mineralisirung aber gerade durch Eigenschaften des Bodens bedingt, welche man zu den Erfordernissen eines Seuchenherdes rechnet, wie die Durchlässigkeit für Luft und Wasser, die Temperatur und die Durchfeuchtung.

Ammoniak und salpetrige Säure fehlen oft in Wässern, welche einem nachweisbar sehr verunreinigten Boden entstammen, auch für das Wasser aus Brunnen von Seucheorten sind dieselben nicht etwa ein regelmässiger, charakteristischer Befund. Es erklärt sich das Nichtvorhandensein zum Theil schon daraus, dass die salpetrige Säure ein wenig beständiger Körper ist, der bald in Salpetersäure, bald in Ammoniak übergeht, und dass vom Ammoniak weitaus der grösste Theil (nach C. Schmidt's Berechnung $^3/_4$ des Gesammtstick-

stoffs der versickernden Stadtlauge) theils vom Boden zurückgehalten, theils von den Grundluftströmungen, Dank der Bodendurchlässigkeit als Carbonat oder Sulfid in Gasform beseitigt wird.

Man nimmt an, dass die starke Verunreinigung des Bodens mit organischen Abfällen und Durchtränkung mit fäulnissfähigen Stoffen einen Ort in den zur Bildung eines Seuchenherdes geeigneten Zustand versetze und dass mit dem fauligen Zerfall des Imprägnirungsmaterials eine zeitliche Bedingung des Auftretens der Infektionskrankheiten erfüllt werde. Die Möglichkeit eines derartigen Einflusses der Bodenverunreinigung lässt sich nicht in Abrede stellen, aber man darf doch in dieser Auffassung vorerst nicht mehr als eine Hypothese erblicken, welche der strengen experimentellen Begründung noch harrt, und hat sich mit Flügge zu fragen, ob nicht der für die Genese der Krankheiten nöthige Grad der Durchtränkung fast allerorten im Boden gegeben ist und das lokal Disponirende weit mehr in anderen, wesentlicheren Bodeneigenthümlichkeiten beruht, wie in seiner Durchlässigkeit und der Nähe der Grundwasseransammlung unter der Oberfläche.

Die Annahme einer ätiologischen Beziehung der Bodenverunreinigung zu den Infektionskrankheiten ist zum geringsten Theil auf Erfahrungen gestützt, welche durch direkte Bodenuntersuchungen an Seuchenherden und immunen Orten gewonnen sind. Das Ergebniss der bis jetzt in dieser Richtung geschehenen Erhebungen kann ebensowohl gegen als für dieselben geltend gemacht werden.

C. Flügge[7] hat seine Analysen von Bodenproben aus dem Untergrund von Strassen in Berlin und Leipzig den Angaben von Fleck sowie von mir über den chemischen Befund am Untergrund von Strassen in Dresden und München vergleichend gegenübergestellt und gefunden, dass der grobe Geröllboden Münchens verschwindend geringe Verunreinigung, der Berliner Sand und der Dresdener gemischte Boden schon bedeutend mehr zeigte und dass der Leipziger dichte, fast stets mit Lehm untermischte Boden durchweg starke Verunreinigung und stellenweise extremsten Stickstoffgehalt darbot. Es wurde damit zugleich die den Landwirthen längst geläufige Thatsache bestätigt, dass der Stickstoffgehalt und Glühverlust eines Bodens in erster Linie abhängig sind von der mechanischen Struktur und der Korngrösse des Bodens.

Wie es scheint, im Widerspruch mit diesem Ergebnisse direkter Bodenuntersuchungen stehen die Erfahrungen über das Auftreten der Mehrzahl der sog. „Bodenkrankheiten“ in den genannten Städten. Nun beziehen sich aber Flügge's Angaben vorerst nur auf den Strassenboden und ist es weiteren Beobachtungen vorbehalten, innerhalb der einzelnen Städte den Zustand des Untergrundes der immunen Häuser und der von Infektionskrankheiten heimgesuchten vergleichend zu prüfen.

Untersuchungen der letzteren Art hat v. Fodor[8] bei seinen Erhebungen über die Gesundheitsverhältnisse von Budapest ausgeführt und durch dieselben sich überzeugt, dass dort in den am tiefsten liegenden Stadttheilen, welche für Typhus, Cholera, Enteritis (Darmkatarrh) vorwiegend disponirt sind, sich auch der schmutzigste Boden findet. Der Boden von ungesunden Häusern war mehr verunreinigt als der von nahe gelegenen gesunden Grundstücken; der erstere enthielt den Schmutz in faulendem Zustande, im letzteren waren die organischen Stoffe in höherem Maasse oxydirt.

Die Ausführung direkter Untersuchungen zur Prüfung der Bodenbeschaffenheit findet mancherlei Schwierigkeiten schon in dem Umstande, dass zur Entnahme von Bodenproben Ausgrabungen oder Bohrungen erforderlich sind. Man gab sich daher um so freudiger der Erwartung hin, dass dieselben entbehrlich seien und sich ebensowohl aus Analysen des Grundwassers und der Grundluft ein Aufschluss über den Reinlichkeitszustand des Bodens und über die Zersetzungsvorgänge in demselben gewinnen lasse. Wir haben uns an einer anderen Stelle (S. 23) schon überzeugt, dass in Anbetracht der wechselnden physikalischen und geognostischen Verhältnisse des Bodens diese Voraussetzungen im Allgemeinen nicht zutreffen.

Flügge hat in schlagender Weise durch seine Untersuchungen über die Bedeutung der Trinkwasseranalyse für die Hygiene dargethan, dass im chemischen Befund nicht sowohl die Verunreinigung des Bodens, als vielmehr andere Eigenthümlichkeiten desselben zum Ausdruck kommen, und dass z. B. wichtige Faktoren der Disposition für Typhus, wie lockerer Boden oder Einlagerung undurchlässiger Schichten, mit besonderer Reinheit des Grundwassers einhergehen. Wenn kochsalzhaltige Abwässer in gleicher Menge und Concentration an verschiedenen Stellen in den Boden eindringen, können die in der Nähe befindlichen Brunnen beträchtliche Unterschiede im Chlorgehalte des Wassers zeigen, je nachdem Beschaffenheit des Bodens, Lage des Brunnens und temporäre Einflüsse ihre Wirkung äussern. Es kann folglich auch der Chlorgehalt des Trinkwassers keinen Maassstab für die Menge der Stadtlauge geben, welche den Boden einer Lokalität verunreinigt. Dieser Einwand gegen die bisherige Auffassung gilt aber nicht etwa nur dem Chlorgehalte, er trifft sogar die übrigen Bestandtheile fast noch mehr als die Chloride, da wenigstens das Chlor im Boden weder gebunden noch durch fäulnissartige Vorgänge verändert wird.

Neuerdings hat v. Fodor[8] in seinen hygienischen Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser das durchschnittliche Ergebniss (mg i. l) einer grossen Anzahl von Brunnen zu Budapest folgender-

maassen in Vergleich gestellt, um ein Urtheil darüber zu gewinnen, welche Bestandtheile des Grundwassers am ehesten als Indikator der lokalen Verunreinigung dienen können.

Grundwasser	Rückstand	org. Stoffe	Chlor	Salpetersäure	Salpetrige Säure	Ammoniak
1. Gruppe.						
aus reinem Boden	2403	58,5	314	549	0,242	1,15
aus unreinem Boden	2419	90,5	353	562	0,269	3,69
2. Gruppe.						
nahe beim Abort	—	80,5	376	538	—	3,09
entfernter vom Abort	—	79,5	362	528	—	1,61
3. Gruppe.						
mit viel organischen Stoffen	—	188,0	417	426	—	6,23
mit wenig organischen Stoffen . . .	—	22,5	203	400	—	0,11

In der Gruppe 1 sind die Mittelwerthe von Brunnen, deren umgebendes Erdreich im Durchschnitt weniger als 200 mg organischen Stickstoff per kg Boden in 1 bis 4 m Tiefe enthielt, den Brunnen aus einem stickstoffreicheren Boden gegenübergestellt.

Die Gruppe 2 enthält die Mittelwerthe von Brunnen, welche vom Abort oder vom Siel weniger als 10 Schritte entfernt sind, im Vergleich zu denjenigen aus einem grösseren Abstande.

Die Gruppe 3 zieht Brunnen mit viel organischen Stoffen in Vergleich mit jenen, welche wenig davon enthielten.

Auf Grund dieser Durchschnittswerthe hält Fodor das Ammoniak und in zweiter Reihe die organischen Substanzen „für den entscheidendsten chemischen Ausdruck zur Erkenntniss dessen, ob das Wasser in einem Brunnen mehr verunreinigt ist als im anderen, ob eines davon in einem inficirteren Boden enthalten ist“. Ammoniak zeige die Verunreinigung des Bodens in der nächsten Umgebung der Brunnen noch am ehesten richtig an, namentlich weil dasselbe dem Wasser beim Weitersickern vom Boden wieder entzogen wird. Für die Chloride, Nitrate, Nitrite und andere Salze (die festen Bestandtheile) genügt die Bindekraft des Bodens nicht, um sie zurückzuhalten, sie könnten daher über die Verunreinigungsgrenze hinausgelangen und in entfernteren Brunnen auftreten, welche in nicht verunreinigten Terrainabschnitten liegen. Weniger leicht lasse der Boden die organischen Stoffe durch und eigentlich nur dann, wenn er damit gesättigt ist und fault; es kämen deshalb die organischen Stoffe gewöhnlich mit Ammoniak vergesellschaftet vor.

Ohne die Richtigkeit der Fodor'schen Zahlen für Budapest be-

zweifeln zu wollen, vermag ich nicht aus denselben bindende Schlüsse allgemeiner Art zu ziehen. Dieselben stimmen im Grossen und Ganzen überein mit den Erfahrungen der Agrikulturchemie hinsichtlich der Absorptionsfähigkeit des Bodens, woraus hervorgeht, dass die Brunnen im Budapester Sandboden vorwaltend unter dem Einflusse eines einzelnen der Faktoren stehen, welche gewöhnlich den Reinlichkeitszustand der Grundwässer bedingen. Indessen bieten uns diese vergleichenden Angaben auch nur Durchschnittswerthe, in welchen die zwischen den einzelnen Befunden sich ergebenden Abweichungen nicht zu Tage treten können. Nichtsdestoweniger enthalten dieselben, wenigstens in Hinsicht der organischen Stoffe, eine Verneinung des Schlusses, den Fodor aus ihnen zieht, denn nahe beim Abort werden 80,5 und entfernter davon noch 79,5 mg i. l gefunden, was doch nur eine Differenz ist, die in den Bereich des unvermeidlichen Beobachtungsfehlers fällt. Fodor selbst sagt hierzu S. 291:

„Man sieht, dass die in unmittelbarer Nähe erfolgte Verunreinigung am besten durch das Ammoniak angezeigt wird; alle übrigen Bestandtheile, selbst die organische Substanz erstrecken sich aber auch bis zu den entfernteren Brunnen und vermögen durch ihr Schwanken die lokale Verunreinigung des Bodens und des Wassers nicht so genau anzukündigen.“

Es würde sonach die Schlussfolgerung nur für das Ammoniak zutreffen, aber dieser Wasserbestandtheil scheint vorwiegend nur für die von Fodor untersuchten lokalen Zustände die ihm zuerkannte symptomatische Bedeutung zu haben, beziehentlich eine Verwerthung als Indikator für die Bodenverunreinigung finden zu können, da er anderwärts selbst im verunreinigten Wasser zumeist nicht in Mengen gefunden wird, welche die quantitative Bestimmung zulassen.

In dieser Hinsicht bemerkt E. Reichardt[6] (S. 19): „Die Ermittelung des Ammoniaks ist verhältnissmässig von geringerer Bedeutung. Meine Untersuchungen ergaben bei Quellwasser, auch Salpetersäure haltendem, z. B. demjenigen in Leipzig, kein Ammoniak. Die gleichen Resultate erhielt F. Schulze in Rostock und C. Schmidt in Dorpat. Weltzien fand in keinem einzigen Wasser Karlsruhes auch nur eine Spur von Ammoniak. O. Reich findet zwar kleine Mengen, jedoch gibt die Methode den Stickstoffgehalt überhaupt an. Demnach würde, abgesehen von der qualitativen, meist jedoch auch unnöthigen Prüfung, die quantitative Bestimmung nur in seltenen Fällen, bei besonderen Veranlassungen, zu bewerkstelligen sein“.

„Auch die neueren Untersuchungen bestätigen vollkommen, dass das Ammoniak nur vorübergehend und auch dann nur in sehr geringer Menge vorkommt, so dass die Bestimmung für gewöhnlich unterlassen werden kann. Die sehr zahlreichen Prüfungen der Erfurter Brunnen und namentlich zu wiederholten Malen in verschiedener Jahreszeit ergaben bei Weitem

in den meisten Fällen kein Ammoniak oder eine verschwindend kleine Menge, 0,006 bis 0,59 mg i. l, beweisen demnach sehr gut die auch von anderen Chemikern erhaltenen Resultate."

Unter diesen Umständen möchte auch ich bei der von Flügge warm vertretenen Empfehlung der Chlorbestimmung insbesondere für Beobachtungen der zeitlichen Veränderungen im chemischen Bestande der Bodenwässer verharren, zumal auch die Gruppe 3 der Angaben Fodor's erkennen lässt, dass nächst dem Ammoniak die Chloride in ihrer Menge den Schwankungen des Gehaltes an organischen Stoffen am besten folgen.

Man hat in verschiedener Weise die Trinkwasseranalyse in der ätiologischen Beobachtung angewandt, indem man entweder nach Unterschieden in der Wasserbeschaffenheit inficirter und immuner Ortschaften und Lokalitäten suchte oder die zeitlichen Variationen im Gehalte des Wassers an gewissen Bestandtheilen mit der Krankheitsfrequenz in Betracht zog. Ausser dem bereits dargelegten Fehler in Hinsicht des diagnostischen Werthes des Ergebnisses der chemischen Analyse und der theilweisen Unzulänglichkeit der Untersuchungstechnik haften diesen Verfahren noch Mängel in der statistischen Methode an, namentlich insofern, als die Gruppirung des Beobachtungsmaterials, da selten eine strenge Abgrenzung nach Trinkwasserbezirken geschehen kann, immerhin eine mehr oder weniger willkürliche ist. So hat O. Reich[9], wenn er die Angaben der Schwabe'schen Cholerakarte seinen Erfahrungen zu Grunde legte, in überredender Weise die Proportionalität zwischen der Cholerasterblichkeit (Berlin 1866) und dem Salpetersäuregehalt der Brunnenwässer nachweisen können, während dieses Verhältniss nicht bei einer Vertheilung der Sterblichkeit nach Polizeirevieren zu Tage tritt.

Aus diesem Grunde sind alle Beobachtungen, welche ein gesetzmässiges Verhalten der Wasserbeschaffenheit zur Krankheitsfrequenz darthun wollen, mit Vorsicht aufzunehmen und darauf zu prüfen, ob die aufgefundene Coincidenz thatsächlich im Verhältniss von Ursache und Wirkung steht oder nur eine zufällige ist. Die bis jetzt vorliegenden Angaben dieser Art haben angesichts der gegentheiligen Erfahrungen, die an anderen Orten gemacht wurden, nicht jene Bedeutung gewinnen können, welche anfänglich von manchen Schriftstellern ihnen beigemessen wurde.

C. Bulk[10] verglich die Erkrankungsvorkommnisse einer Ruhrepidemie, die zu Barmen im Herbst 1875 aufgetreten war, mit der Beschaffenheit der Brunnenwässer, indem er dieselben nach Maassgabe des Ergebnisses der Analyse in 3 Klassen, in verwerfliche, bedenkliche und brauchbare Wässer eintheilte. Diese Gruppirung, welche von Bulk selbst

bezüglich der Grenzen als eine mehr oder weniger willkürliche bezeichnet wird, geschah vorwiegend auf Grund des Gehaltes an Salpetersäure und Chlor. Von den Brunnenwässern, auf welche die 89 an Ruhr Erkrankten angewiesen waren, konnte in 56 % der untersuchten Brunnen mit Chamäleon keine organische Substanz nachgewiesen werden und war in 28 % Ammoniak nur in Spuren, in 70 % gar nicht vorhanden.

Die Erkrankten waren zu 76 % mit verwerflichem, zu 12 % mit bedenklichem und zu 11 % mit brauchbarem Wasser versorgt. Dagegen entfielen auf die verschont gebliebenen Häuser 26 % verwerfliches, 26 % bedenkliches und 47 % brauchbares Wasser. Auch habe der Salpetersäuregehalt in den letzten zwei Jahren vor Ausbruch der Epidemie in den Brunnen der inficirten Stadttheile eine stärkere Zunahme erfahren als in den nicht heimgesuchten.

v. Fodor[8] berichtet, dass in den mehrerwähnten Erhebungen zu Budapest dem Verhalten des Bodens auch die Beschaffenheit des Wassers, wenigstens in Bezug auf den Gehalt an Ammoniak und organischen Stoffen entsprochen habe, so war das Brunnenwasser der Cholerahäuser besonders durch einen höheren Gehalt an diesen Bestandtheilen ausgezeichnet. Auf Grund seiner Erfahrungen glaubt Fodor seine Meinung dahin aussprechen zu können, dass die Oxydationsprodukte ein Brunnenwasser nicht verderben und auch keinesfalls eine schädliche Beschaffenheit desselben anzeigen, dass hingegen die organischen Stoffe und die Fäulnissprodukte (Ammoniak) im Wasser entweder an und für sich schädlich sind oder einen Indikator für die gesundheitsschädliche Beschaffenheit des Bodens und des Wassers abgeben.

Flügge[7] hat die Typhussterblichkeit einer Anzahl von Städten und deren Wasserbeschaffenheit vergleichend zusammengestellt und in ähnlicher Weise für Leipzig die Typhusmorbilität der einzelnen Strassen mit dem Chlorgehalte der Brunnen verglichen. Es ergab sich, dass eine Abhängigkeit der Krankheitsfrequenz von dem Grade der Verunreinigung der Brunnen mit animalischen Stoffen, soweit diese durch den Chlorgehalt angezeigt wird, nicht nachzuweisen ist, sondern dass im Gegentheil die besonders zu Typhus disponirten Städte und Lokalitäten sich durch ein vorzugsweise reines, von thierischen Abfallstoffen freies Wasser auszeichnen.

Ebenso hat Port[11] in seinen Beobachtungen über das Verhalten der Münchener Kasernen gefunden, dass „die typhusreichste ein vorzügliches, fast nährstoffloses Wasser, die typhusärmste dagegen das relativ schlechteste Wasser hat, das in der ganzen Garnison getrunken wird.“

v. Fodor will aus dem Ammoniakgehalt der Brunnenwässer erkennen, welches von zwei Wässern einem inficirteren Boden entnommen ist. Ich darf annehmen, dass hier mit dem Ausdruck „inficirt“ nichts mehr und nichts weniger als „imprägnirt“ gesagt sein soll, denn sonst hätte in meinen Augen der gebrauchte Comparativ zur Zeit wenig Berechtigung. Vorerst kann es uns nur darauf ankommen nachzuweisen, ob überhaupt eine Infektion des Bodens vorliegt; die Bestimmung des Grades derselben mag in zweiter

Reihe folgen, sie wird voraussichtlich noch grössere Schwierigkeiten haben.

Auf die Intensität der fermentativen Processe im Boden hat man freilich schon aus der Abnahme des Sauerstoffs oder dem Auftreten von Schwefelwasserstoff, Ammoniak, salpetriger Säure und aus der Zunahme des Gehaltes an Kohlensäure und Salpetersäure zu schliessen versucht. Die Unsicherheit eines derartigen Vorgehens haben wir zum Theil schon durch die Erörterung der symptomatischen Bedeutung dieser Bestandtheile und ihrer Abhängigkeit von verschiedenen Bodeneigenthümlichkeiten kennen gelernt. Die Stärke des fermentativen Processes wird sich ebenso wie die Entwicklungsstufe in den Bestandtheilen des Wassers bald richtig kund geben bald nicht, und können auch die Variationen im chemischen Bestand nicht unbedingt als ein Maass für die zeitliche Disposition gelten.

Von den gasförmigen Zerfallsprodukten, z. B. der Kohlensäure, ist es bekannt, dass sie vor ihrer Aufnahme ins Wasser keineswegs am Orte ihrer Entstehung verharren, vielmehr den Strömungen der Grundluft folgen, die unter dem Einflusse des Windes, des Temperaturunterschiedes, der Barometerschwankungen und der Diffusion stehen. Die Verbreitungsweise des Gases macht sich denn auch, wie M. Popper[12] gezeigt hat, im Gehalte des Wassers an freier und halbgebundener Kohlensäure geltend, indem derselbe in den verschiedenen Tiefen des Brunnens variirt und von unten nach oben abnimmt, ferner mit dem Sinken des Luftdrucks steigt und umgekehrt, aber keine gesetzmässigen Beziehungen zum Chlorgehalte erkennen lässt.

In Anbetracht der hinsichtlich der Bedeutung des Ergebnisses der chemischen Analyse erörterten Verhältnisse darf man im Fehlen von organischen Stoffen, Ammoniak und salpetriger Säure noch keinen strikten Beweis für die Reinheit des Bodens und dessen Freisein von fermentativen Vorgängen erblicken. Auf der anderen Seite ist aber auch das Auftreten dieser Bestandtheile im Grundwasser nicht ohne Weiteres als ein Zeichen der Schädlichkeit des Wassers oder als ein Merkmal der Disposition des Bodens anzusehen.

Wir haben es hier mit viel zu complicirten Verhältnissen zu thun, als dass man im Allgemeinen gewisse Bestandtheile des Brunnenwassers als verlässliche Anzeichen für die Zustände im Boden auffassen dürfte, und an guter Stelle erinnert Flügge uns an einen Ausspruch Virchow's: „die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Grundwasser und Verunreinigung der Brunnen ist ein viel mehr zusammengesetztes Problem, als man sich vorgestellt hat“.

Die Meinungen über die Art der Wirkung der organischen Stoffe.

Ueber die Art und Weise wie ein abnorm beschaffenes Trinkwasser schädlich wirkt, bestehen noch durchaus unklare Vorstellungen und gilt dies am meisten bezüglich der Annahme eines Einflusses der organischen Bestandtheile auf die Entstehung von Infektionskrankheiten.

Bald hat man die organischen Substanzen nur als Nährmaterial für krankheiterregende Mikroorganismen im Wasser sich gedacht oder die Schädlichkeit derselben sich so vorgestellt, dass fermentative Vorgänge aus ihnen, besonders aus den leicht zersetzlichen, toxisch wirkende Substanzen nach Art des putriden Giftes, der Ptomaïne (der Leichen- und Fäulnissalkaloide) im Wasser hervorbringen. Einige haben gemeint, dass sich durch derartige Processe selbst ungeformte Fermente mit giftigen Eigenschaften bilden könnten, von Anderen wurde vermuthet, dass der Genuss eines mit organischen Stoffen beladenen Wassers, namentlich wenn dieselben in fauliger Zersetzung begriffen wären, Störungen im Körper verursache, welche die Aufnahme der krankmachenden Potenz im Organismus begünstigen.

Keiner dieser Vorstellungen liegen unantastbare Beweise aus der praktischen Beobachtung zu Grunde, auch entbehren dieselben noch vollständig der experimentellen Begründung.

Bekanntermaassen stellen die einzelnen Gruppen der niederen Organismen ungleiche Ansprüche an die Natur ihres Nährmaterials, so dass z. B. die eine von anorganischen, die andere vorherrschend von organischen Stoffen lebt, die eine von unzersetzten, die andere von fauligen organischen Bestandtheilen sich nährt. Aber selbst die einzelnen Gattungen und Arten unterscheiden sich noch zum Theil von einander durch ihr biologisches Verhalten in der Auswahl des anorganischen oder organischen Nährbodens; so weiss man von den verschiedenen Schizophyten, welche auf organischen Nährsubstraten leben, dass für das Gelingen des Kulturversuchs die Zusammensetzung des Gemenges von organischen Körpern, auf dem man sie züchtet, nicht gleichgültig ist.

Im Hinblick auf dieses wählerische Verhalten und die Empfindlichkeit der Mikroorganismen gegenüber einem ungeeigneten Nährmaterial, sowie in gleichzeitiger Erwägung, dass die organischen Stoffe im Wasser ein in seinen Bestandtheilen wechselndes und veränderliches Gemische von mannigfaltigen organischen Verbindungen mit verschiedenartigen Eigenschaften sind, erscheint es von vornherein unzulässig, ein Wasser, schon deshalb, weil es organische Substanzen enthält, als eine der Entwicklung und Vermehrung von

pathogenen Organismen günstige Nährlösung anzusehen, ohne zu wissen, ob die von der Analyse angezeigten organischen Stoffe in der That den Lebensanforderungen derselben genügen. Aus diesem Grunde wächst auch nicht, wie behauptet wird, mit der Höhe des Gehaltes an organischen Stoffen unbedingt der Werth des Wassers als Nährlösung.

Es steht fest, dass z. B. die Schizophyten zur Fristung ihrer Existenz und Bewahrung der Fortpflanzungsfähigkeit nur minimaler Mengen von den organischen Nährstoffen bedürfen. Diese und andere niedere Lebewesen kommen keineswegs nur im verunreinigten Wasser, sondern auch selbst in reinem Quellwasser vor und werden heutzutage mit Hilfe der Färbungsmethoden und der verbesserten Mikroskope fast regelmässig gefunden. Burdon Sanderson hat schon vor geraumer Zeit durch Versuche, in welchen er Pasteur'sche Nährflüssigkeit mit Proben von Wasser versetzt hatte, den Nachweis geliefert, dass in allem Wasser, selbst im Schneewasser, im Wasser des reinsten Eises und im destillirten Wasser, mit alleiniger Ausnahme des frisch destillirten, Bacterien vorhanden sind, wenn auch oft nur in geringer Zahl und ohne Vermehrung, vielleicht im Ruhe- oder Dauerzellenzustand (F. Cohn[13]).

Auch ist die Auffassung, dass die faulige Zersetzung der organischen Stoffe für die Entwicklung und Fortpflanzung von parasitären Krankheitserregern im Boden oder Wasser besonders günstig sei, als eine irrthümliche zurückzuweisen. Wird doch die Fäulniss nicht nur hervorgerufen und begleitet von einem massenweisen Auftreten der Fäulnissbacterien, welche andere Schizophyten neben sich nicht aufkommen und gedeihen lassen, und liefert sie überdies als Endprodukte Körper wie Phenol, Kresol, Indol, Skatol, welche, wenn sie auch nicht desinficirend, d. h. die Lebensfähigkeit vernichtend wirken, doch der Vermehrung der niederen Organismen hinderlich werden können (Nencki[14], Wernich[15]).

Wenn wir in eine nähere Erörterung der ätiologischen Beziehungen einer durch Fermente bedingten Zersetzung und besonders der sich aus organischen Körpern im Boden und Wasser durch Fermentation entwickelnden Faulstoffe zu den oben genannten Krankheiten eintreten wollen, ist es durch den heutigen Stand der Pathologie angezeigt, die fraglichen Krankheitsformen zunächst danach zu unterscheiden, ob dieselben als Folgen einer Infektion oder einer Intoxication aufzufassen sind, so z. B. unter den Wundkrankheiten die septikämischen Infektionen von der putriden Intoxication zu trennen, nachdem festgestellt ist, dass die ersteren Bacterienkrankheiten

sind, welche sich vom kranken Organismus auf den gesunden weiter impfen lassen, während die putride Intoxication die Folge der Einverleibung von chemisch wirkenden Faulstoffen ist, welche von Fäulnissbacterien aus organischen Substanzen erzeugt werden, aber nicht verimpfbar sind.

Ist auch die in dieser Hinsicht angestrebte Klärung vorerst nur für wenige Krankheiten wirklich erzielt worden, so hat doch eine kritische Sichtung des vorliegenden Beobachtungsmaterials, wie sie jüngst F. Hueppe[16] der Frage hat zu Theil werden lassen, mit Bestimmtheit dargethan, dass zur Annahme eines genetischen Zusammenhanges von Fäulniss und Infektionskrankheiten kein Grund vorliegt. Man ist gegenüber manchen Infektionskrankheiten, z. B. Malaria, Abdominaltyphus, Cholera u. s. w., zwar noch nicht einig darüber, ob man es, wie wahrscheinlich, mit Bacterienkrankheiten zu thun habe oder ob nicht doch die Krankheitsursache chemischer Natur sei und entweder als gasförmige Beimengung der Luft oder gelöst im Trink- oder Nutzwasser an den Menschen herantrete. Aber selbst für den Fall, dass man den chemischen Charakter der specifischen Potenz in der Aetiologie der fraglichen Krankheiten zugeben dürfte, so bliebe immerhin noch die direkte Beziehung zu Fäulnissvorgängen nachzuweisen, bevor man die Abstammung des Krankheitsstoffes von diesen anzunehmen berechtigt ist: denn soviel haben doch die zahlreichen experimentell-pathologischen Untersuchungen sicherlich erkennen lassen, dass die Einführung von Faulstoffen in den Organismus sowohl klinisch als anatomisch andere Krankheitsbilder erzeugt, wie das des Abdominaltyphus, der Malaria u. s. w.

In dieser Hinsicht sind besonders die Versuche R. Emmerich's[17] von Interesse, welcher die Einwirkung des verunreinigten Wassers auf die Gesundheit experimentell am Menschen und an Thieren studirt hat, indem er dem Körper das unreine Wasser beziehentlich die extrahirte Verunreinigung durch subcutane Injektion oder durch Einführen in den Magen einverleibte.

R. Emmerich's Versuche. Da bekanntlich, wie v. Bergmann gezeigt hat, der Organismus des Versuchsthieres oft schon auf die Einspritzung des reinen destillirten Wassers reagirt, war E. zunächst bemüht, Kriterien für eine Differentialdiagnose in der Hinsicht aufzufinden, ob die Erscheinungen durch blosse Wirkung des Wassers hervorgerufen sind; es gelang ihm, geeignete Unterscheidungsmerkmale und Versuchsbedingungen aufzufinden. Die an der Hand derselben ausgeführten praktischen Versuche ergaben, dass durch Einspritzen eines vorher filtrirten Sielwassers genau dieselbe pathognomische Symptomengruppe und die-

jenigen pathologisch-anatomischen Veränderungen im Organismus hervorgebracht werden, welche man bei Versuchen mit putriden Flüssigkeiten, mit wässerigen Aufgüssen von faulenden animalischen und vegetabilischen Körpern auftreten sieht.

Ausserdem hat E. mit einer grösseren Zahl von Münchener Trinkwässern experimentirt, die mehr oder weniger stark verunreinigt und theilweise aus Brunnen von Typhushäusern entnommen waren. Das Resultat dieser Injektionsversuche war ein negatives.

Schon die früheren Beobachter (Billroth, Stich, F. Schweninger, Hemmer, Bergmann u. A.) hatten erkannt, dass in den Magen grosse Dosen faulender Flüssigkeiten gebracht werden können, ohne das Befinden der Versuchsthiere wesentlich zu beeinflussen. Emmerich überzeugte sich zunächst von der Richtigkeit dieser Angaben durch Versuche an Thieren, welche auch bei grossen Tagesgaben von stark verunreinigtem Sielwasser gesund bleiben. Aber er trank auch selbst 14 Tage lang zu $1/2$ bis 1 Liter täglich das Wasser des Münchener Hofgraben- und des Krankenhausbaches, welches sowohl nach Maassgabe der chemischen Analyse als auch sichtlich sehr verunreinigt war, denn es führte Blätter von Kraut, Salat u. s. w., Leinwandfasern, Menschen- und Thierhaare, Kothpartikel und viele andere, nicht gerade appetitliche Dinge mit sich. Er genoss das Wasser selbst bei einem ziemlich heftigen Magenkatarrh, ohne dass der fortgesetzte Genuss einen ungünstigen Einfluss auf den Verlauf der Krankheit geäussert hätte.

In einer anderen Versuchsreihe trank E. das Wasser des Krankenhausbaches trotz einer heftigen Gastro-Enteritis: Die in Zunahme begriffenen Symptome steigerten sich nach der ersten Wasseraufnahme zu bedeutender Heftigkeit, gingen aber bei sonst entsprechendem Verhalten trotz nochmaliger Ausführung des Experimentes wieder zurück. In gleicher Weise hatten sich zwei Patienten, welche beide an Störungen der Verdauungsorgane litten, an den Versuchen freiwillig betheiligt und sich durch den Gebrauch des verunreinigten Wassers zum Trinken nicht im Mindesten eine Verschlimmerung ihres Zustandes zugezogen.

In einer Versuchsreihe mit Sielwasser, welches durch den Zufluss eines reinen Wassers verdünnt war, hatten die Thiere auf die Einspritzungen hin keinerlei Störungen ihrer Gesundheit gezeigt. E. lässt die Frage offen, wodurch diese Unwirksamkeit bedingt sei, und zieht bei der Erwägung der verschiedenen Möglichkeiten noch die Erfahrungen von Sanderson heran, wonach eine bestimmte Menge putriden Giftes in viel Wasser weniger intensiv wirkt, als wenn die nämliche Quantität mit wenig Wasser in den Organismus eingeführt wird.

In Bezug auf den chemischen Charakter des Wassers, welches bei der Injektion eine Vergiftung hervorgebracht hatte, äussert sich E. mit folgenden Worten: „Ein Wasser, welches putride Intoxication bei subcutaner Injektion bewirkt, unterscheidet sich in chemischer Beziehung von einem stark verunreinigten, aber unschädlichen Brunnenwasser nicht sowohl durch die absolute Menge des Rückstandes und der durch Chamäleon bestimmten organischen Substanz, sondern wesentlich dadurch, dass bei jenem die durch Kaliumpermanganat gefundene Quantität der organischen Stoffe immer grösser ist als jene der Rückstandsmenge. Eine

Thatsache, die sich aus dem Vergleich der Brunnenwasseranalysen mit jenen des putrid wirkenden Kanalwassers ergibt."

Die Frage, inwieweit das in den Beobachtungen Emmerich's hervorgetretene Ueberwiegen der mit Chamäleon bestimmbaren organischen Stoffe über die Rückstandsmenge als eine charakteristische Erscheinung für die putride Eigenschaft eines Wassers zu gelten hat, bedarf zu ihrer endgültigen Entscheidung noch weiterer Erfahrungen und zumal auch der Beobachtung an Wässern von gleicher Bezugsart und Oertlichkeit. Emmerich ist es nicht möglich gewesen, ein indifferentes Brunnenwasser mit einem toxisch wirkenden in Vergleich zu stellen, vielmehr sah er sich durch das Ergebniss der Intoxicationsversuche darauf angewiesen, den Inhalt der Münchener Siele, zu deren Spülung vorwiegend das Wasser des Pettenkofer-Brunnenwerks, ein Grundwasser mit geringerem Gehalte an mineralischen Bestandtheilen und kleinerer Rückstandsmenge dient, mit dem an festen Bestandtheilen reicheren Brunnenwasser zu vergleichen.

Indessen wollen wir nicht verkennen, dass das Kanalwasser mit putriden Eigenschaften ausweislich der Analyse sich im Grossen und Ganzen wesentlich reicher an Stoffen, welche Chamäleonlösung reduciren, gezeigt hat, als das indifferente Brunnenwasser, und dass die Wirkung um so intensiver auftrat, je grösser der Gehalt an solchen Körpern war. Aber trotz dieses Zusammentreffens eines reichlicheren Gehaltes an derartigen leicht oxydirbaren Stoffen muss es immerhin noch gewagt erscheinen, wenn man das Bestehen eines Causalnexus zwischen der organischen Substanz und der putriden Intoxication behaupten wollte, da einerseits die Reduktion von Kaliumpermanganat ebensogut von noch unzersetzten organischen Körpern bedingt sein konnte, welche harmlose Begleiter des putriden Giftes sind, ohne eine genetische Beziehung zu demselben zu haben, und andererseits aus den Mittheilungen nicht hervorgeht, ob die Chamäleonprobe unter Ausschluss von leicht oxydirbaren mineralischen Körpern (Eisenoxydul, salpetriger Säure u. s. w.) ausgeführt worden ist.

Emmerich nimmt unter Berücksichtigung aller Erscheinungen (des Verhaltens der Körpertemperatur, der Krankheitssymptome und des pathologisch-anatomischen Befundes) an, dass in seinen Versuchen die deletäre Wirkung des injicirten Kanalwassers durch die in demselben befindlichen „putriden Stoffe" hervorgerufen sei, hingegen lässt er es unentschieden, ob der toxische Stoff ein gelöster oder suspendirter organischer oder aber ein organisirter Körper sei.

Nach Maassgabe der neueren Untersuchungen sind die Fäulnissbacterien selbst keine pathogenen Lebewesen, sie wirken an sich nicht infektiös, dagegen äussern die unter dem Einfluss ihrer Lebensthätigkeit erzeugten Faulstoffe eine toxische Wirkung. Das Gift wirkt aber, wie auch Emmerich sich überzeugt hat, nur dann, wenn es in der erforderlichen Menge und Concentration und in einer seiner Entfaltung günstigen Weise in den Organismus eingeführt wird — also unter Bedingungen, welche beim gewöhnlichen Gebrauch des Wassers kaum gegeben sind.

Darüber, dass der Giftstoff nach Art eines ungeformten Fermentes (eines Enzyms) wirkt, liegen in der Literatur über die Erforschung der Fäulniss wohl widersprechende Erfahrungen, aber keine abschliessenden Thatsachen vor. Nach Hiller[18] ist in seinen Versuchen einmal ein ungeformtes septikämisches Contagium aufgetreten, aber das Ferment, welches eine bestimmte Krankheitsform wie Cholera oder Malaria erzeugen soll, hat bis jetzt noch Niemand auch nur einigermaassen greifbar dargestellt. Die Meinung, dass die Entstehung der Infektionskrankheiten auf die Wirkung von ungeformten Fermenten zurückzuführen sei, beruht sonach lediglich auf Vermuthungen oder auf Analogieschlüssen, welche nachweislich vorerst noch auf schwachen Füssen stehen.

Mitunter hört man die Besorgniss äussern, ob nicht die organischen Substanzen, beziehungsweise die aus denselben entwickelten fauligen Stoffe, wenn sie in schwacher Concentration und geringen Mengen mit dem Trinkwasser fortgesetzt aufgenommen werden, in cumulativer Wirkung zur Geltung kommen oder erst nach und nach allgemeine, nicht specifische Störungen im Organismus hervorbringen. Es ist dies das Bedenken, dem man stets wieder begegnet, so oft es der hygienischen Forschung gelingt, den sicheren Nachweis zu liefern, dass, im richtigen Lichte besehen, eine nach hergebrachten Begriffen angenommene „Gesundheitsschädlichkeit“ unter den Verhältnissen des praktischen Lebens nicht jene Gefahr zeigt, welche man ihr auf Grund theoretischer Speculation oder in Folge einer Vernachlässigung der quantitativen Betrachtung beizumessen gewohnt war.

Dass eine Aufspeicherung des putriden Giftes im Organismus und nachträgliche Wirkungsäusserung statt hat, lässt sich auf Grund experimenteller Erfahrungen verneinen. Die Angabe Hiller's über die progressive Virulenz eines ungeformten Contagiums hat durch die Untersuchungen über Septikämie (Davaine, Koch, Gaffky) längst eine andere Deutung erfahren. An der letzteren können vorerst auch die neueren Arbeiten von J. A. Rosenberger[19] und von M. J. Rossbach[20] nichts ändern, welche nach Einverleibung kleiner Mengen eines gekochten septischen Giftes oder eines chemischen Fermentes (Papayotin) eine Vermehrung der nach ihrer Voraussetzung im Blute lebender Thiere präexistirenden Bacterien und eine Aeusserung von pathogenen Wirkungen seitens derselben gesehen haben.

Das Befürchten von sehr spät, allmählich sich einstellenden Allgemeinwirkungen ohne specifischen Charakter verirrt sich aber in

ein Gebiet, welches der exakten, experimentell arbeitenden Forschung noch unzugänglich und verschlossen ist. Wenn wir uns nun an die praktische Erfahrung um Aufschluss wenden, gewinnen wir aus der Thatsache, dass der Mensch fast täglich in Speise und Trank Faulstoffe ohne die geringste Beeinträchtigung seines Wohlbefindens aufnimmt, zum mindesten den Eindruck, dass die Furcht vor den Erregern und den Produkten der Fäulniss im Wasser sehr übertrieben ist. In schlagender Kritik hat C. v. Nägeli[21] mit solchen Argumenten aus dem täglichen Leben das Ungereimte der bisherigen Anschauung den Aerzten vor Augen geführt:

Spaltpilze ohne eigentliche Produkte der Fäulniss finden sich z. B. in saurer Milch, in manchen getrockneten Feigen, in überreifen Melonen und Wassermelonen, in zweitägigem Kumys, an gekochtem Fleisch, welches im Sommer nach 24 oder 48 Stunden kalt gegessen wird, an rohem Schinken und zwar in einer solchen Menge, dass eine einzige Mahlzeit in den Magen oft mehr Spaltpilze einführt als das verdorbenste Trinkwasser innerhalb 4 Wochen. Fäulnissprodukte ohne Spaltpilze nehmen wir in reichlicher Menge in manchen gekochten Nahrungsmitteln auf, z. B. im Sauerkraut, im Wildpret mit deutlichem Hochgeschmack. Am häufigsten geniessen wir aber Speisen, welche Spaltpilze und Fäulnissprodukte zugleich enthalten, wie Käse, kalte gekochte und rohe Fleischspeisen. An letzteren können neben der Fäulniss noch andere Zersetzungen eintreten und gefährliche Produkte wie z. B. das Wurstgift bilden. Dass diese giftige Zersetzung etwas ganz Ausnahmsweises und von den Fäulnisspilzen Unabhängiges ist, beweise der Umstand, dass unter Millionen von Fäulnissprocessen kaum einer solche giftige Stoffe erzeugt.

Nach Nägeli sind in dem schlechtesten Trinkwasser im Vergleich mit den genannten Speisen die Fäulnisspilze und Fäulnissprodukte in so geringer Menge vorhanden, dass man die Furcht vor denselben gradezu als Einbildung bezeichnen kann. Eine Flasche von sog. verpestetem Trinkwasser sei nur die homöopathische Dosis einer Mahlzeit von Käse. Wenn die Fäulnissstoffe selbst so reichlich vorhanden wären, dass sie dem Trinkwasser einen ausgesprochen unangenehmen Geschmack und Geruch ertheilten, was in unseren Gegenden wohl nie vorkommt, so könnten sie nur so weit nachtheilig werden, wie Alles, was unsere Nerven unangenehm berührt. In der That lassen sich aus der praktischen Erfahrung überzeugende Beweise für die Meinung erbringen, dass die Fäulniss des Trinkwassers als solche der Gesundheit nichts schadet und sicherlich keine Infektionskrankheiten erzeugt.

Mit der gleichen Zurückhaltung ist vorerst noch die Hypothese aufzunehmen, dass gewisse Bestandtheile des Trinkwassers den Körper für die Entfaltung der Wirkung von aufgenom-

menen Infektionsstoffen empfänglich machen könnten, sei es dadurch, dass sie seine Widerstandsfähigkeit gegen dieselben schwächen oder dass sie ihn zu einem der Entwicklung und Vermehrung parasitärer Krankheitskeime günstigen Nährboden vorbereiten. In neuester Zeit hat v. Fodor[8] den organischen Stoffen und ihren Fäulnissprodukten diese Bedeutung beigelegt.

So sehr ich auch mich für den Gedanken erwärmen kann, dass im Kampfe gegen die Infektionskrankheiten die Beseitigung von Bedingungen der individuellen Disposition diejenige Aufgabe der Gesundheitspflege ist, welche mit am meisten Erfolg in der Prophylaxe verspricht, vermag ich der gedachten Auffassung hier doch nicht das Wort zu reden, ja ich glaube dieselbe, wie alle anderen Vermuthungen dieser Art, als eine der Fundirung noch harrende Hypothese kennzeichnen zu müssen, in Anbetracht, dass man über die Ursachen der Verschiedenheit des individuellen Verhaltens gegenüber den Infektionserregern, die zum Theil selbst in ihrem Wesen nicht einmal erkannt sind, noch so sehr im Unklaren ist.

Die Faulstoffe im Friedhofwasser.

Es bedarf schliesslich noch einer kurzen Erörterung, ob nicht die organischen Stoffe, je nach ihrer Abstammung eine verschiedenartige Beurtheilung beanspruchen können. Sollten nicht in Folge der Einbettung von Leichen in den Boden dem Wasser Faulstoffe von besonderer Gefährlichkeit zufliessen?

Diese Frage lässt sich keinesfalls generell in dem Sinne behandeln, dass man die organischen Beimengungen des Wassers dieser Provenienz halber für schädlich erklärt. Wohl sind hin und wieder Mittheilungen aufgetaucht, welche die Entstehung von gewissen Infektionskrankheiten, so von Typhus und Cholera, mit dem Genuss von Friedhofwasser in ätiologische Beziehung gebracht haben; im Lichte einer sachlichen Beurtheilung des Beobachtungsmaterials haben sich jedoch diese Angaben als unzuverlässig erwiesen. Durch ausgedehnte Erhebungen in Elsass-Lothringen und in Sachsen sind die für andere Orte bestehenden Erfahrungen bestätigt, dass die Anwohner eines Friedhofes weder nach der Häufigkeit noch nach der Art der Erkrankungen sich irgendwie anders und zumal ungünstiger verhalten als die Bewohner der fern gelegenen Grundstücke (F. Hofmann[22]).

Nichtsdestoweniger hat es als eine Pflicht der Gesundheitspflege zu gelten, die Möglichkeit einer Veränderung des Wassers durch die Leichenbestattung und einer daraus erfolgenden Unzuträglichkeit nicht aus den Augen zu verlieren und eben dahin zu wirken, dass

die Friedhöfe unter Beachtung der für sie durch Empirie und Experiment ausgebildeten Cautelen richtig angelegt und betrieben werden. Insbesondere hat man auch schon aus ästhetischen Gründen, aus Rücksichten der Reinlichkeit volle Ursache, ein Wasser, dessen Verunreinigung mit organischen Stoffen auf eine Beeinflussung durch Leichenfäulniss hinweist, unbedingt von der Verwendung zu Versorgungszwecken auszuschliessen.

d) Die geformten Bestandtheile.

Von den nicht gelösten, schwimmenden Verunreinigungen des Wassers beanspruchen hauptsächlich die kleinsten geformten Elemente unser Interesse.

Die Befunde der mikroskopischen Wasseruntersuchung sind überaus mannigfaltig und wechselnd; im Allgemeinen zeigen sie kleinste mineralische Trümmer, thonige und sandige Partikel, Abfälle und Reste von Pflanzen- und Thierkörpern, Eier sowie Jugendzustände von Entozoen und lebende Mikroorganismen. Bald herrschen die anorganischen Beimengungen vor, bald die organischen, bald überwiegen scheinbar die organisirten Körper, gewöhnlich sind alle drei Gruppen unter den suspendirten Bestandtheilen des Wassers vertreten.

Die Natur der schwebenden Körperchen.

Von unorganischen Körpern findet man in Niederschlägen aus Brunnenwasser theils amorphes Eisenoxydhydrat, theils kohlensaure Kalkkrystalle, theils Fragmente von Russ, von Quarz und anderen Mineralien, die durch den Staub ins Wasser gelangt sind.

Die Abfälle und Reste von Thieren und Pflanzen stammen theils ebenfalls aus dem Staube (Fasern von Leinen, Baumwolle und Wolle, Daunenstrahlen und Gänsefedern, Pflanzenhaare, Holz- und Strohpartikel, Amylumkörnchen, viele Pilzsporen), theils aus Spülicht und Kloakenstoffen, die in die Brunnen gelangen (Mundepithel und Schleimkörperchen, Faeces, Reste von Nahrungsmitteln, Kartoffelzellen, Getreidezellen, Spiralgefässe, Fleischreste, Pilzsporen), theils von den Holztheilen der Pumpe (vermoderte Zellen von Laub- oder Kiefernholz, Borkenzellen), theils von Thieren, die im Brunnen ertrunken sind (Rattenhaare, Schmetterlingsschuppen, Fliegen- und Spinnenbeine, Chitintheile verschiedener Insekten), theils endlich von Thieren und Pflanzen, die im Brunnenwasser gelebt haben theils noch darin lebend angetroffen werden (F. Cohn[23]).

Von thierischen Parasiten hat man die Eier von distomum hepaticum, distomum lanceolatum und distomum haematobium im Wasser theils nachgewiesen, theils mit einiger Wahrscheinlichkeit

vermuthet. Die beiden erstgenannten Distomumarten kommen sehr selten beim Menschen vor, dagegen um so häufiger bei den Thieren, besonders beim Schaf. Neuere Beobachtungen von Leuckart haben dargethan, dass die Jugendzustände des Leberegels ihre Entwicklung als Parasiten kleiner Schlammschnecken (Lymnaeus minutus und Lymnaeus pereger) durchmachen. Das Distomum haematobium (Bilharzia haematobia) ist in Aegypten, Capland, Natal die Ursache der exotischen Haematurie (endemic haematuria der englischen Autoren).

Von Knoch wurde erkannt, dass sich die Embryonen von Bothriocephalus latus, des grössten der menschlichen Bandwürmer, im süssen Wasser aus den Eiern entwickeln und in den Darm der Säugethiere und des Menschen mit dem Trinkwasser übertragen werden.

Auch wurden Nematodeneier, so die von Ascaris lumbricoides im Wasser gefunden (Mosler), ferner verlebt wahrscheinlich das Anchylostomum duodenale, in welchem Griesinger die Ursache der ägyptischen (tropischen) Chlorose erkannt hat, seine Jugendzeit in schlammigem Wasser und gelangt durch Vermittelung des Trinkwassers in den Darm des Menschen.

Die eigenthümliche Krankheit, welche unter den beim Bau des Gotthard-Tunnels beschäftigten Ingenieuren und Arbeitern aufgetreten war, haben Perroncito und Concato auf den gleichen Parasiten zurückgeführt. Ebenso kann die Filaria sanguinis hominis (Bancrofti), der Erreger der Chylurie oder Hämatochylurie, wie es scheint, durch das Wasser übertragen werden (Heller[24]).

Die im Wasser vorkommenden Mikroorganismen finden darin zum Theil ihr ausschliessliches Lebensmedium, zum Theil sind sie zugleich im Stande, auf anderen Nährsubstanzen zu gedeihen und selbst in der Luft, wenn auch nur vorübergehend, sich zu erhalten.

F. Cohn[23] theilt die Befunde der im Brunnenwasser lebenden Organismen in 4 Kategorien ein: 1. Bacterien, 2. Saprophyten (Saprophilen nach Hirt), 3. Algen und Diatomeen, 4. Infusorien. Eyferth[25] hat für die Beschreibung der mikroskopischen Süsswasserbewohner folgende Gruppeneintheilung angenommen: Spaltpilze, Algen, Rhizopoden, Gregarinen, Flagellaten, Acineten, Wimperinfusorien und Rotatorien.

Im Wasser entwickeln auch Penicillium glaucum, Mucor Mucedo, Aspergillus, Fusisporium und viele andere Pilze üppig ihr Mycel ohne zu fructificiren. F. Cohn sprach die Vermuthung aus, dass unter den von ihm und Anderen im Brunnenwasser angetroffenen, meist als Leptothrix, Hygrocrocis, Leptomitus bezeichneten Fäden ein grosser Theil Mycelien von den erwähnten Arten oder von anderen, vielleicht noch unbekannten Pilzen sind.

Insbesondere während des letzten Decenniums waren die im Wasser lebenden Organismen wiederholt Gegenstand einer eingehenden Forschung, welche das typische Vorkommen gewisser Klassen und Arten von niederen Pflanzen und Thieren nachgewiesen und im Allgemeinen den Rahmen der im Wasser zu suchenden kleinsten Lebensformen begrenzt, sowie eine Reihe physiologischer Thatsachen in Bezug auf dieselben erschlossen hat. Es ist jedoch diese Aufgabe noch lange nicht erschöpft, indem nicht sowohl selbst dem Auge des erfahrenen Beobachters bisher noch nicht gesehene Formen entgegentreten können, sondern besonders auch die genauere Erkenntniss des morphologischen und biologischen Verhaltens der bekannten und in die Systematik eingereihten Organismen noch mehr und mehr zu erweitern ist.

Die Auslegung des Befundes.

Die hygienische Bedeutung des Auftretens von schwimmenden anorganischen Körpern im Wasser ist oben schon besprochen worden.

Die Verunreinigung mit Abfällen und Resten von Pflanzen und Thierkörpern schliesst weitaus in der Mehrzahl der Fälle keinerlei Nachtheil für die Gesundheit in Hinsicht des Hervorrufens gewisser Krankheiten in sich. Freilich können dieselben bei sensibelen Leuten Störungen des Wohlbefindens und Appetits durch ekelerregende Sinneseindrücke hervorrufen. Immerhin ist das Vorhandensein einzelner dieser Beimengungen, namentlich der für Zuflüsse aus Kloaken, Latrinen, Versitzgruben u. dgl. charakteristischen, von Interesse, indem in ihnen ein Fingerzeig für die Feststellung der Provenienz der Verunreinigung des Wassers gesehen werden kann. Im Allgemeinen sprechen solche Befunde unzweifelhafter Weise dafür, dass das Wasser Auswurfstoffe enthält, über welche die natürlichen Reinigungsvorgänge noch nicht Herr geworden sind (vgl. S. 128 u. ff.).

Der Nachweis von Eiern und Jugendzuständen der Entozoen, welche auf den Menschen übertragbar sind, zeigt das thatsächliche Vorhandensein einer Gesundheitsschädlichkeit an.

Alle bis jetzt auf die Ermittelung des Verhaltens der in dem Wasser vorkommenden niederen Organismen zum Menschen gerichteten Bestrebungen haben nur wenige bleibend in den Verdacht der Gesundheitsschädlichkeit gebracht. Zunächst ist es das Abhängigkeitsverhältniss, in welchem manche dieser Organismen zu den ihnen als Nahrung dienenden organischen Stoffen im Wasser stehen und

überdies ihre Bedeutung als Erreger oder Begleiter von Fäulnissvorgängen, durch welche sie bei der Beurtheilung des Trinkwassers einiges Interesse beansprucht haben.

Lange Zeit war nahezu das Bedürfniss abhanden gekommen, unter diesen niederen Lebensformen selbst specifische Krankheitskeime oder die Erzeuger von specifischen, krankmachenden Stoffen zu suchen. Man hatte sich, wie dies z. B. aus den von F. Cohn[23], Hirt[26] u. A. vorgeschlagenen Methoden der mikroskopischen Trinkwasseruntersuchung hervorgeht, damit begnügt, an der Hand der biologischen Erfahrungen, welche über das Gebundensein der einzelnen lebenden Organismen an das im Wasser ihnen dargebotene Nährmaterial vorliegen, aus dem Befunde einen Aufschluss über den Grad der Reinheit des Wassers und über die etwa in demselben verlaufenden Fäulniss- und Gährungsvorgänge zu suchen. Wie aus unseren Erörterungen über die ätiologische Bedeutung der organischen Stoffe und der Fäulniss hervorgegangen ist, erscheint es wenig lohnend, die mikroskopische Untersuchung zum Nachweis einer solchen Verunreinigung des Wassers heranzuziehen, wenn es sich nicht gerade noch um die Ermittelung der Provenienz handelt, bei welcher dieselbe mitunter gute Dienste leistet (vgl. S. 132).

Im Uebrigen ergibt die mikroskopische Analyse zur Zeit noch ebensowenig wie die chemische sichere Kriterien für die Entscheidung der pathogenen Wirkung eines Wassers.

Die Aufgaben und Ziele der mykologischen Forschung.

Ob die von der mykologischen Forschung noch zu ermittelnden infektiösen Krankheitserreger ausschliesslich unter den Schizophyten oder auch in einer anderen Kategorie von Mikroorganismen zu finden sein werden, lässt sich mit Bestimmtheit nicht voraussagen, wenngleich die Entstehung jener, freilich wenigen Infektionskrankheiten, deren parasitäre Natur man zweifellos festgestellt hat, auf die Wirkung von Organismen aus dieser Gruppe zurückzuführen ist. Seit man im Blute der Ratte und des Hamsters pathogene Geiselmonaden gesehen (Lewis, v. Wittich, R. Koch) und die Existenz einiger von Natur aus mit pathogenem Charakter ausgerüsteten Schimmelpilze erkannt hat (Grohe, Gaffky, Lichtheim), ist es nicht mehr angezeigt, lediglich nach den Schizophyten als muthmaasslichen Krankheitserregern zu fragen.

Gewöhnlich wird indessen der Weg für die Forschung durch einen Befund an Mikroorganismen in den Organen und Auswurfstoffen des kranken Körpers vorgezeichnet. Als pathogen sind beim Menschen auf solchen Fingerzeig hin bis jetzt sicher festgestellt worden

die Milzbrandbacillen, die septischen Bacterien, die Tuberkelbacillen, die Mikrococcen von Erysipel, von Gonorrhöe, sowie die Bacillen des malignen Oedems. Ferner hat man bei verschiedenen Krankheiten (Recurrens, Pneumonie, Variola, Diphtherie, Abdominaltyphus, ulceröser Endocarditis, Lepra u. s. w.) in den Organen beziehentlich in den Excreten der davon Befallenen Bacillen oder Mikrococcen gesehen, ohne dass es bis jetzt endgültig hätte entschieden werden können, ob diese niederen Organismen nur constante Begleiter des Krankheitsprocesses oder die Erreger desselben sind.

Für einzelne dieser Krankheiten war der parasitäre Befund in den Organen der daran Erlegenen seitens der Beobachter nicht übereinstimmend berichtet worden, so sind beim Abdominaltyphus schon wiederholt Bacterien nachgewiesen und zwar im Wesentlichen 3 verschiedene Arten beschrieben worden: Mikrococcen, kurze dicke Bacillen (Eberth, R. Koch), dann lange dünne Bacillen (Klebs, Fischel, Eppinger).

Nach Koch[27] sind die Mikrococcen und die Klebs'schen Bacillen vorerst als secundäre Erscheinungen zu betrachten, welche durch nachträgliches Eindringen dieser Mikroorganismen in die erkrankten Gewebspartien auftreten; es spreche nichts dafür, dieselben als verschiedene Entwicklungsstufen der von Eberth beschriebenen Bacillen zu bezeichnen. Die Annahme, dass die letzteren mit dem Abdominaltyphus in einem ursächlichen Zusammenhange stehen, gewinne dadurch sehr an Wahrscheinlichkeit, dass sie überall in den inneren Organen verbreitet gefunden werden, während die Klebs'schen Bacillen nur nekrotische Darmpartien in Beschlag nehmen. Indessen lasse sich eine bestimmte Entscheidung über die Bedeutung dieser verschiedenen Bacillen für den Typhus nach den bis jetzt vorliegenden Thatsachen noch nicht treffen.

Zufolge den Untersuchungen von Klebs und Tomasi-Crudeli sowie von Marchiafava und Cuboni, Griffini soll auch die Malaria eine Bacillenkrankheit sein. Der Bacillus malariae wurde in Bodenproben aus Malariagegenden, nicht aber im Wasser von Pfützen, welche über solchem Boden standen, angetroffen. Die Erfahrungen anderer Forscher (Burdel, Sternberg) lassen den ätiologischen Zusammenhang dieser Bacillen mit der Malaria noch zweifelhaft erscheinen.

Im Weiteren habe ich der Frage zu gedenken, ob es ein erreichbares Ziel ist, dass wir den mikroskopischen Befund der Wasseruntersuchung nach pathogenen und indifferenten Formen unterscheiden wollen.

Noch im Jahre 1876 gebrach es dermaassen an geeigneten Kennzeichen zur Unterscheidung der einzelnen Arten von Schizo-

phyten, dass F. Cohn (Beiträge II, 2, S. 276) es der Weiterentwicklung der Wissenschaft anheim geben musste, darüber zu entscheiden, ob die Zukunft einen genetischen Zusammenhang zwischen den Bacillen des Heues und des Milzbrandes, zwischen der Spirochäte des Sumpfwassers und der Recurrens, zwischen Mikrococcuscolonien verdorbener Trinkbrunnen oder gährender Speisen und des Typhus und der Diphtheritis wird erkennen lassen. Umsomehr müssen wir es als ein erfreuliches Zeichen der seit jener Zeit gemachten Fortschritte der mykologischen Forschung anerkennen, dass heutzutage Dank der Einführung der Färbungsmethoden (C. Weigert, R. Koch) und der Reinkultur auf festem, durchsichtigem Nährboden (R. Koch) mehr und mehr die Schwierigkeiten der morphologischen Differenzirung unter den einzelnen Arten oder Formen der Schizophyten schwinden.

Die Färbung der mikroskopischen Präparate ist nicht nur ein geeignetes Mittel, um die kleinsten Lebewesen mehr augenfällig zu machen gegenüber den nicht organisirten Elementen, sondern sie lässt den gefärbten Mikroorganismus auch in seiner Form und Gestalt schärfer hervortreten und denselben in Anbetracht des verschiedenen Färbungvermögens der einzelnen Arten gleichsam wie mit Hilfe von chemischen Reaktionen gegenüber anderen unterscheidbar werden. Die Reinkultur auf festem Nährboden bietet insofern grosse Vortheile bei der differenziellen Diagnose dar, als bekanntlich die specifisch verschiedenen Arten in der Form und Gruppirung ihrer Vegetationen sich in gleicher Weise zumeist selbst für das blosse Auge merklich von einander unterscheiden, wie die Vögel im scharenweisen Fluge oder die gesellig lebenden Ameisen auf ihren Wanderungen.

Als schönsten Erfolg der neuen Technik möchte ich die scharfe Kennzeichnung des Heubacillus gegenüber dem Milzbrandbacillus hervorheben. Während noch im Jahre 1876 F. Cohn in Anerkennung der grossen Aehnlichkeit der Form beider Bacillusarten, von welchen die einen indifferent und die anderen pathogen sich verhalten, glaubte, die Zeichnungen von Koch[28)] über die Sporenbildung des Milzbrandbacillus ohne Weiteres zur Erläuterung der von ihm am Heubacillus beobachteten gleichen Zustände heranziehen zu können, besteht heutzutage über die morphologische Unterscheidbarkeit kaum mehr ein Zweifel. Ferner ist durch neuere Untersuchungen, insbesondere durch die von Koch sowie von Laptschinsky[29)] festgestellt worden, dass sich sowohl die Spirochaeta plicatilis als auch die Zahnschleimspirochäte sehr wohl specifisch verschieden erweisen gegenüber der Recurrensspirochäte.

Von den bisher aufgefundenen, beziehentlich den anerkannten,

pathogenen Schizophyten sind meines Wissens noch keine im Trinkwasser als Bestandtheile nachgewiesen worden; nur in Kloakenflüssigkeiten oder in Bächen, welche durch Einleitung von Abfällen und Abwässern aller Art zur Kloake herabgewürdigt sind, oder im Schlamm aus solchen haben einige Beobachter pathogen wirkende Organismen ermittelt, bisweilen auch nur, ohne experimentelle Unterscheidung zwischen Intoxication und Infektion, vermuthet. Mit Sicherheit ist allein von Gaffky[27] der Bacillus der Kaninchenseptikämie (Davaine) im Wasser der Panke, eines durch Berlin fliessenden, wegen seiner hochgradigen Verunreinigung in übelstem Rufe stehenden Baches, aufgefunden und aus Proben desselben rein gezüchtet worden.

Die Thatsache, dass überhaupt einmal im Wasser, wenn auch in einem, dessen Verwendung zum Trink- und Hausgebrauch sich durch Geruch und Aussehen schon verbietet, pathogene Schizophyten gefunden worden sind, ist keineswegs als ein für die Beurtheilung der in den geniessbaren Wässern lebenden Mikroorganismen gleichgültiges Moment zu erachten, weil auch dieses, wie ich bereits bemerkt habe, die zur Erhaltung der Wirksamkeit geeigneten Bedingungen trotz eines geringen Gehaltes an Nährmaterial darbietet. Dieselbe regt wenigstens dazu an, nach pathogenen Formen oder Arten im Wasser zu suchen.

Wie sehr aber diese Aufgabe eine schwierige ist, geht z. B. aus der Erforschung des Milzbrandes hervor, für welchen fast allgemein angenommen wird, dass das Virus durch Ueberschwemmung von Wiesen und Weiden verbreitet werden kann, ohne dass man bis jetzt im Stande gewesen wäre, den Milzbrandbacillus oder seine Sporen im Wasser aufzufinden.

Die Frage nach der Art der Uebertragung des Infektionserregers würde indessen durch den Nachweis, dass pathogene Organismen auch in einem, zum Versorgungszweck scheinbar geeigneten Wasser vorkommen, noch nicht erledigt sein; denn obschon damit endgültig festgestellt wäre, dass das Wasser ein Träger des Krankheitskeimes ist, so bleibt doch die Controverse, ob die Aufnahme desselben in den Körper durch den Genuss oder durch den Gebrauch des Wassers erfolgt, nach wie vor bestehen, bis die epidemiologische Forschung noch auf anderem Wege Klärung bringt.

Wenn man für den Ileotyphus oder die Cholera einen specifischen Infektionserreger im Grundwasser auffinden würde, könnte diese Entdeckung wohl dafür sprechen, dass die Infektion durch Vermittelung des dem Boden entnommenen Wassers geschieht, je-

doch ohne die Möglichkeit auszuschliessen, dass auch eine Uebertragung des Krankheitskeimes durch die Grundluft stattfindet.

C. v. Nägeli's Lehre von den niederen Pilzen.*)

Wir haben im Folgenden in Erwägung zu ziehen, ob die Gefahr, welche dem Menschen aus einem etwaigen Gehalt des Wassers an pathogenen Mikroorganismen droht, ernste Besorgniss erregen kann. Es ist umsomehr angezeigt, diese Frage hier zu erörtern, als C. v. Nägeli in seiner Lehre von den Beziehungen der niederen Pilze zu den Infektionskrankheiten und der Gesundheitspflege die Meinung ausgesprochen hat, dass diese Gefahr nur gering anzuschlagen sei.

Nach Nägeli könnten die Spaltpilze vom Speisekanal aus bloss dann Gefahr bringen, wenn sie in sehr grosser Menge ins Blut gelangten, was aber als unmöglich zu erklären sei, weil dieselben unverletzte Schleimhäute nicht zu durchdringen vermögen, weil sie überdem im Magen durch die Säure und weiterhin im Darm durch die Galle in ihrer Lebensenergie geschwächt werden und weil allfällige kleine Verletzungen der Schleimhaut ihnen viel zu beschränkte Eintrittsstellen darbieten. Im Speisekanal selbst würden sie, besonders in der geringen Zahl, in der sie dem Wasser beigemengt sind, absolut keine bemerkbaren Wirkungen haben.

Von den eigentlichen Infektionserregern, den Miasmen und den Contagienpilzen könnten lediglich die letzteren, welche indessen nur in geringer Menge ins Wasser gelangen, in höchst seltenen Fällen zur Wirkung kommen, da dieselben in der allerkleinsten Zahl Infektion zu bewirken vermögen, während die Miasmenpilze in viel (vielleicht 1000 mal) grösserer Zahl in den menschlichen Organismus aufgenommen werden müssen, um eine Wirkung hervorzubringen.

Es komme überdies in Betracht, dass die Contagienpilze nur kurze Zeit, kaum einige Tage im Wasser unverändert und wirksam bleiben, indem sie im ganz reinen Brunnen- oder Regenwasser ohne Nährstoffe durch Erschöpfung rasch verändert werden, sodass sie nun andere Wirkungen zeigen, und im nährstoffhaltigen Wasser (unreinen Brunnenwasser, Fluss- und Seewasser, Waschwasser, Küchenwasser, Abtrittflüssigkeit) sich in andere gewöhnliche Spaltpilzformen umwandeln.

Diese Behandlung der Trinkwasserfrage geht im Wesentlichen von drei Voraussetzungen aus, von deren Begründung es abhängen wird, wie wir uns bei der Prüfung des Wassers gegenüber den in denselben zu findenden Schizophyten zu stellen haben.

Nägeli nimmt erstens an, dass die Gefahr einer Infektion des Organismus durch die Einführung der Krankheitsstoffe in den Verdauungskanal sehr gering sei im Vergleich zur Einver-

*) Vgl. den Abschnitt Fermente und Mikroparasiten (Flügge) dieses Handbuches I. Thl. 2. Abthlg. 1. Hälfte.

leibung durch Einathmung oder Wunden. Dieses Argument gegen den Trinkwasserglauben ist keineswegs neu, auch A. Vogt hat in seiner Abhandlung „Trinkwasser oder Bodengase“ (Basel 1874) dasselbe in die Discussion geführt, indem er sich u. A. auf die Angaben von Fordyce und Spallanzani berief, nach welchen der Magen des Hundes schon in kurzer Zeit gefaultes Fleisch seiner Putrescenz beraube.

Zu Gunsten dieser Annahme einer sog. Desinfektionskraft des Magens spricht auch das oben mitgetheilte Ergebniss der Beobachtungen von Billroth, Stich, F. Schwenniger, Hemmer, v. Bergmann, Emmerich u. A., aus welchen hervorgeht, dass man dem Magen von Thieren grössere Gaben von Faulstoffen ohne Störung des Wohlbefindens einverleiben kann.

Die genannten Angaben sind zwar von späteren Beobachtern wiederholt anerkannt, jedoch auch durch gegentheilige Erfahrungen wiederum in ihrer Tragweite beschränkt worden. Es haben sich Renault, Colin, O. Bollinger, R. Koch, H. Buchner (Milzbrand), G. Gaffky (Septikämie) u. A. mit dieser Frage, zumeist bei Gelegenheit anderer mykologischer Arbeiten, befasst. Auf Grund der neueren Beobachtungen ist man nicht weiter berechtigt, aus dem Misserfolg des Experiments den Schluss zu ziehen, dass die Gefahr einer Infektion vom Darm aus eine sehr geringe ist, denn es hat sich herausgestellt, dass nur gewisse Thierspecies sich bei dieser Applicationsweise sehr widerstandsfähig (immun) verhalten. Weiterhin wurde erkannt, dass es wesentlich darauf ankommt, ob man mit einem, nur Bacillen enthaltenden Infektionsmaterial oder ob man mit Sporen experimentirt (R. Koch[28]). Von H. Buchner[30] wurde constatirt, dass Milzbrandsporen leichter vom Darm aus inficiren als Stäbchen.

Die mit Faulstoffen ausgeführten älteren Versuche können einen untrüglichen Aufschluss nicht geben, weil sie theils ein strenges Auseinanderhalten zwischen Erregern und Produkten der Fäulniss, theils die unentbehrliche Sichtung des mikroparasitären Infektionsmaterials nach pathogenen und indifferenten Formen vermissen lassen.

Das Ergebniss der späteren Beobachtungen über das Verhalten der pathogenen Schizophyten harmonirt besser als das der früheren mit der Thatsache, dass es Infektionskrankheiten gibt, bei welchen die auf eine primäre Darmaffektion hinweisenden häufigen Leichenbefunde zu der Annahme überreden, dass die Infektion nicht etwa selten vom Darme aus stattfindet, und zwar gilt dies z. B. von dem Milzbrand und der Tuberkulose. Von anderen Infektionskrankheiten, welche auf den Darmkanal örtlich beschränkt sind, wie den sog.

Darmmykosen und der Dysenterie, darf man geradezu überzeugt sein, dass die Infektion durch Begleiter der Ingesta erfolgt.

R. Koch hat in seiner letzten Abhandlung über Milzbrand[27] sich dahin erklärt, dass alle Thatsachen dafür sprechen, dass ausser den von der Körperoberfläche vermittelten Infektionen die übergrosse Mehrzahl der spontanen Milzbrandfälle auf eine Infektion vom Darm aus zurückzuführen sei. Alle übrigen Infektionsarten, wie die von den Respirationsorganen aus, diejenigen von Verletzungen der Schleimhäute träten gegen die vom Darm ausgehenden ganz in den Hintergrund. Schon die beim Menschen beobachteten Milzbrandformen sprächen für diese Auffassung; meistens handele es sich allerdings beim Menschen um Infektion von Verletzungen der Körperoberfläche, aber daneben sei schon eine beträchtliche Zahl unzweifelhafter Fälle von Darmmilzbrand constatirt.

Bei dem heutigen Stande der Pathologie müssen wir es zum mindesten als verfrüht bezeichnen, in Thierversuchen, welche eine sehr geringe Empfänglichkeit des Organismus für die ihm auf den Verdauungswegen einverleibten Infektionsstoffe darthun, beweiskräftige Thatsachen gegen die Vermuthung einer pathogenen Rolle des Trinkwassers sehen zu wollen. Aber selbst wenn durch Erfahrungen am Menschen die vorliegende Frage ihre endgültige Erledigung zu Gunsten der Nägeli'schen Auffassung fände, würde diese Entscheidung weniger einen Beweis gegen die Annahme liefern, dass das Wasser überhaupt zum Träger von Infektionserregern werden kann, als eine Beruhigung der Gemüther in Hinsicht der aus dem Trinken des Wassers drohenden Gefahr in sich schliessen, indem sie uns sagen könnte, dass dem menschlichen Organismus wenigstens gegen diese von der Natur ein Schutz verliehen ist.

Nägeli geht von der weiteren Voraussetzung aus, dass die Menge, in welcher die bei der Infektion betheiligten Organismen in den Körper eingeführt werden, von hervorragendem Belang sei. Es ist hier nicht der Ort, den Werth oder Unwerth der von diesem Forscher aufgestellten diblastischen Theorie zu beleuchten, wonach die sog. miasmatisch-contagiösen Krankheiten (Cholera, Typhus) auf einer durch Aufnahme von Miasmenpilzen geschehenden Vorbereitung des menschlichen Körpers für die Infektion mit Contagienpilzen beruhen, während die sog. miasmatischen Krankheiten (Malaria) auf die alleinige Wirkung von Miasmenpilzen zurückzuführen seien und auch miasmatisch-contagiöse Krankheiten in der Weise spontan entstehen, dass einzelne Miasmenpilze sich in Contagienpilze verwandeln. Eine Erörterung dieser Hypothese mag anderen Abschnitten des Handbuches vorbehalten sein. Uns interessirt hier nur die geradezu willkürliche, in keiner Weise mit der praktischen Erfahrung und dem

Experiment zu begründende These, dass von den Miasmenpilzen sehr viele und von den Contagienpilzen nur wenige zur Infektion erforderlich sind.

Alle neueren Erfahrungen der Untersuchungstechnik lassen erkennen, dass zur Uebertragung von Infektionskrankheiten eine verhältnissmässig geringe Quantität wirksamer Bacillen oder Sporen genügt, wenn auch manche pathogene Bacterien in grösserer Menge als andere dem Versuchsthiere beigebracht werden müssen. Allerdings ist bekannt, dass je nach der Applicationsstelle die Dosis verschieden stark zu wählen ist, um einen Erfolg zu erzielen.

In dieser Hinsicht gewinnen u. A. Beobachtungen von Feser[31] und von R. Koch[32] Interesse: Nach Feser vertragen einzelne Individuen einer für Milzbrand sehr empfänglichen Thierart (Schafe, Kaninchen, Mäuse) ohne allen Nachtheil die Impfung mit geringen Quantitäten der durch Controlversuche für wirksam befundenen Anthraxsporen, aber diese unwirksam gebliebene Einverleibung des Milzbrandvirus schützt sie nicht vor späterer, tödtlich verlaufender Erkrankung nach Einverleibung grösserer Mengen desselben Infektionsstoffes. Koch fand bei der Einführung des Tuberkelbacillus in die vordere Augenkammer, dass die Infektion mit sehr vielen Bacillen eine schnellverlaufende allgemeine Miliartuberkulose, jedoch die Einimpfung nur vereinzelter Bacillen eine lange Zeit auf das Auge beschränkte Entwicklung von Tuberkeln und Phthisis des Bulbus erzeugt.

Bei der hygienischen Beurtheilung von toxisch oder fermentativ wirkenden chemischen Körpern ist man gewiss berechtigt, mit v. Pettenkofer[33] anzunehmen, dass für jedes Gift (oder Ferment) es einen Grad der Verdünnung gebe, bei welchem dasselbe unwirksam wird. Eine Uebertragung dieses Satzes auf die organisirten Krankheitserreger, die Infektionsstoffe, ist aber nur unter gewissen Beschränkungen zulässig, weil eine einzige Spore oder ein einzelner Bacillus, — wenn in entwicklungsfähigem Zustande, sowie an einer zur Keimung und Vermehrung günstigen Stelle in den menschlichen Organismus eingedrungen — noch ebensogut krankmachend wirken kann als die Invasion in grösserer Menge.

Allerdings muss man Nägeli zugeben, dass die Chancen für den Erfolg des Angriffs grösser sind, wenn viele Infektionserreger, als wenn nur vereinzelte auf irgend einem Uebertragungswege gegen den Körper anstürmen, ähnlich wie der Schrotschuss gegenüber dem Büchsenschuss unter Umständen an Treffsicherheit etwas voraus hat.

Was schliesslich den dritten Punkt in Nägeli's Voraussetzungen, die im Wasser erfolgende Umänderung der Infektions-

stoffe zu indifferenten Organismen anlangt, so kann man sich deren Zustandekommen nur damit erklären, dass Nägeli, als er diese Meinung kundgab, sich weder mit den Erfahrungen F. Cohn's über die Sporenbildung der Schizophyten noch mit der Entdeckung R. Koch's von der Sporenbildung des Milzbrandbacillus und der von den genannten Forschern für diese sog. Dauersporen nachgewiesenen grösseren Widerstandsfähigkeit gegen äussere Einflüsse vertraut gemacht hatte.

Die Annahme, dass der Wasserüberschuss allen für andere Medien adaptirten Mikroparasiten im hohen Grade verderblich sei und die specifisch gezüchteten ihrer Eigenschaft beraube (Wernich), kann nur insoweit als erwiesen gelten, dass Bacillen, wenn sie in einem Wasser eingebettet sind, welches ihnen nicht die geeigneten Lebensbedingungen darbietet, wie in jedem anderen derart ungünstigen Medium schliesslich absterben. Hätte das Wasser als solches oder wegen seiner Armuth an Nährmaterial wirklich die Eigenschaft, den Schizophyten so leicht verderblich zu werden, so wären die Kulturversuche bei der mykologischen Wasseruntersuchung sicherlich nicht schon mit einem oder wenigen Tropfen eines scheinbar reinen Trinkwassers von Erfolg und würde es nicht schon wiederholt beobachtet worden sein, dass selbst die aqua destillata des Laboratoriums entwicklungsfähige Keime enthält.

Zum mindesten bleibt den Bacillen in einem solchen Wasser die Fortpflanzungsfähigkeit für einige Tage erhalten und muss es als eine untrügliche Thatsache angesehen werden, dass die Dauersporen den Aufenthalt im Wasser, also auch den Wasserüberschuss, sehr wohl ertragen. So ist für die Milzbrandsporen von R. Koch nachgewiesen, dass dieselben durch eine mehrmonatliche Aufbewahrung in destillirtem Wasser und im reinen Leitungswasser nicht nur ihre Fortpflanzungsfähigkeit, sondern auch ihre Infektiosität nicht einbüssen, d. h. im Impfversuche nichts anderes als den typischen Milzbrand erzeugen.

Ist es aber überhaupt erforderlich, dass das Wasser, um pathogene Wirkungen beim Gebrauch hervorzurufen, in sich die geeigneten Bedingungen zur Entwicklung und Fortpflanzung der Krankheitskeime trage? Meines Erachtens wäre das Wasser dazu schon dann geeignet, wenn es als zufälliger Träger von pathogenen Lebewesen nicht diese während der Uebertragung auf den Menschen zu Grunde gehen lässt oder in ihrer Wirksamkeit schwächt. Gewöhnlich bietet auch das Grundwasser, wenn dessen Wärme der mittleren Jahrestemperatur der Erdoberfläche am Orte der Entnahme entspricht,

nicht jene Wärmeverhältnisse dar, bei welchen Schizophyten mit Vorliebe sich vermehren und gedeihen, woraus sich vermuthen lässt, dass ein solches Wasser, wenn es überhaupt mit den Infektionskrankheiten durch seine mikroskopischen Bewohner ätiologische Beziehungen hat, für die Mikroparasiten häufiger lediglich den Träger als die Brutstätte abgeben wird.

Die Umänderung indifferenter Organismen zu pathogenen.

Trotz seiner entschiedenen Stellungnahme gegen die Trinkwassertheorie in der Aetiologie des Typhus hat doch C. v. Nägeli den Anhängern derselben durch die Lehre von der Anpassung neue, wenn auch nicht gerade scharfe Waffen geliefert.

„Die Spaltpilzformen verwandeln sich in einander. Die Miasmenpilze entstehen unter den günstigen Bedingungen aus den Fäulnisspilzen oder anderen allgemein verbreiteten Spaltpilzen und gehen unter entgegengesetzten Bedingungen wieder in diese über. — Die Contagienpilze, deren Wohnstätte der Organismus ist und die regelmässig aus dem kranken in den gesunden übertreten, werden, so wie sie dauernd in äusseren Medien leben und sich fortpflanzen, zu gewöhnlichen Spaltpilzen. Es muss auch das Umgekehrte vorkommen; die Contagienpilze müssen aus den letzteren entstehen können.“

Es liegt keineswegs fern, dass Andere diese Hypothese, deren sich Nägeli selbst als Argument gegen die Trinkwasserinfektion bedient hat, noch zu Gunsten derselben später nutzbar machen werden, indem sie zwar mit ihm bestreiten, dass jede parasitäre Krankheit ihre besondere, beständige Pilzspecies d. h. morphologisch ziemlich gut unterscheidbare Schizophytenform von der Constanz einer Species habe, aber annehmen, dass sich die unschädlichen Schizophyten im Wasser unter gewissen Bedingungen in gefährliche Infektionskeime — durch Uebergang in morphologisch verwandte Formen oder durch Aenderung ihres physiologischen Charakters — verwandeln können.*) Wer vermag bei dem heutzutage noch bestehenden Drange zur speculativen Behandlung epidemiologischer Fragen uns vor solchen Consequenzen der Nägeli'schen Anpassungstheorie zu schützen? Nägeli selbst nimmer, obwohl er ausdrücklich den Umzüchtungsvorgang so gelehrt hat, dass derselbe nicht von heute auf morgen erfolge, sondern

*) In neuester Zeit interpretirte H. Buchner (C. v. Nägeli, Untersuchungen über niedere Pilze. München 1882. S. 234) die Nägeli'sche Lehre dahin, dass nicht die Verschiedenartigkeit der Krankheitspilze damit in Abrede gestellt sei, sondern nur die Constanz der Merkmale, und dass Nägeli, entsprechend dem naturhistorischen Begriff „Species“, eine Beständigkeit im Auge gehabt habe, die sich nach der Dauer der Erdperioden bemisst. (Bezüglich dieser neuen Wendung der Controverse vgl. F. Hueppe a. a. O. im Nachtrag.)

unbedingt grössere Zeiträume erfordere. Die Möglichkeit einer derartigen mit der Zeit, im Laufe von Jahren sich vollziehenden morphologischen und physiologischen Veränderung der Mikroorganismen lässt sich nicht in Abrede stellen, jedoch ist die Vorstellung derzeit noch in keiner Weise gerechtfertigt, dass in der Natur eine Anzüchtung der Virulenz, der Uebergang aus unschädlichen in schädliche Lebensformen in einer Anzahl von Generationen vor sich geht.

Dass man nicht gar weit davon entfernt ist, den Glauben an die Anpassung, im Widerspruch mit deren Entdecker auf die im Wasser vorkommenden indifferenten Schizophyten zu übertragen, zeigt die von Wernich seit etwa zwei Jahren vertretene Meinung, dass der Ileotyphus durch Invasivwerden von parasitisch accomodirten Fäulnissbacterien entstehe.

Wernich[31)] denkt sich den Infektionsvorgang so, dass entweder die Kothbacterien, welche auch beim gesunden Menschen den Dickdarm in reichlichen Mengen bewohnen, in Folge von Störungen im Ablauf der Dünndarmgährungen über die Ileocöcalklappe nach höher gelegenen Darmabschnitten gelangen und unter solchen heterotopen Verhältnissen sich pathogen anzüchten, oder dass von aussen, z. B. mit dem Trinkwasser, schon hoch vorgezüchtete Fäulnisserreger auf den ersten Wegen in den Dünndarm einwandern.

Es hat übrigens an thatkräftigen Bestrebungen nicht gefehlt, auf experimentellem Wege den Beweis für die Existenz einer Anpassung zu führen. Einige der in dieser Richtung ausgeführten Untersuchungen (Wernich, H. Buchner, M. Wolff, Grawitz u. A.) waren scheinbar von glücklichem Erfolg, jedoch hat sich das Versuchsergebniss im Lichte der von der gegnerischen Seite geübten Kritik bisher nicht als stichhaltig erwiesen. Freilich sprechen die Angaben von Toussaint und Pasteur über die experimentelle Abschwächung der Virulenz der Milzbrandbacillen und die darauf gegründete Schutzimpfung mit Entschiedenheit dafür, dass es für den Milzbrandbacillus eine Degenerirung hinsichtlich der Ansteckungsfähigkeit, also eine Herabsetzung der physiologischen Funktionen gibt, aber es liegt darin weder ein Beweis für die Annahme einer labilen Formbeständigkeit, einer Umzüchtung im Sinne der Morphologie, noch für das Vorkommen einer Anzüchtung pathogener Eigenschaften.

Noch ist der Kampf der um diese, sowohl für die Epidemiologie als auch für die praktische Gesundheitspflege, hochwichtige Frage geführt wird, nicht zu Ende, aber es mehren sich von Tag zu Tag, als Frucht einer mit Sorgfalt und Geschick ausgebildeten Technik der mykologischen Untersuchung, die Thatsachen, auf welchen sich weiter bauen lässt. Die erfreulichen Fortschritte der jüngsten Zeit

erinnern uns an ein mahnendes Wort von F. Cohn[35], dem die exakte Forschung auf diesem Gebiete ihre Grundlage verdankt:

„So lange man nicht zwischen Bacterien und Bacterien unterschied und an den Satz glaubte, dass aus einer beliebigen Schimmelspore alle übrigen Schizomyceten und Mycelpilze hervorgehen können, so lange konnte auch die Contagienfrage keine wissenschaftliche Grundlage gewinnen. Der erste Schritt zum Fortschritt war gethan, als man die pathogenen Bacterien von den saprogenen zu unterscheiden versuchte und zugleich nachwies, dass die überall verbreiteten Bacterien der Fäulniss das Contagium nicht erzeugen sondern vielmehr zerstören." (F. Cohn 1872. Beiträge I, 2, 211.)

Für die Deutung des Befundes der mykologischen Untersuchung des Wassers, ist es von einiger Tragweite, dass eine Klärung der vorliegenden Controverse in dem einen oder anderen Sinne erfolgt. Solange es an unwiderleglichen Beweisen für die durch Umwandlung von sonst indifferenten Spaltpilzen in pathogene drohende Gefahr fehlt, scheint es nicht angezeigt gegenüber den, selbst im einen Quellwasser nahezu als regelmässiger Befund auftretenden Spaltpilzen ängstlich zu sein, was zumal der praktischen Erfahrung widersprechen würde. Die Möglichkeit, dass die mykologische Forschung unter den bisher als unschuldig geltenden Formen auch solche mit pathogenem Charakter noch herausfinden werde, lässt sich zwar nicht leugnen, indessen ist die Wahrscheinlichkeit doch sehr gering.

Uebrigens darf man sich nicht der Hoffnung hingeben, dass mit einer Entscheidung des Streites um die Anpassung zu Gunsten der Forschungsrichtung, welche sich den specifischen Krankheitskeim nach Form und Wirkung typisch und constant vorstellt, für die Technik der Wasserprüfung die bestehenden Schwierigkeiten mit einem Schlage beseitigt sein würden. Es bliebe immerhin noch eine Lücke in der Erkenntniss der äusseren Merkmale zur Unterscheidung der pathogenen Schizophyten von den indifferenten.

Vorerst, namentlich ehe die Fertigkeit im Nachweis der von der Wissenschaft als pathogèn anerkannten Mikroorganismen Gemeingut der mit Wasseruntersuchungen Betrauten geworden ist, steht zu befürchten, dass mit den Erfolgen der mykologischen Forschung im Auffinden pathogener niederer Lebensformen die Furcht vor einer Beschädigung des Menschen durch die mit dem Trinkwasser eingeführten Schizophyten noch mehr übertrieben werden wird, als dies bisher schon geschehen war.

Die indirekte Begründung ätiologischer Beziehungen.

Unsere Betrachtungen über die hygienische Bedeutung der einzelnen Wasserbestandtheile zeigen, wie sehr es noch an einem direkten

Nachweis der Schädlichkeiten gebricht, deren Vorkommen im Wasser man fürchtet. Da für die Mehrzahl der in Frage stehenden Krankheiten die Erkenntniss des Wesens der krankheiterregenden Potenz vermisst wird, kann in der Beobachtungspraxis die Untersuchung des Wassers uns keinen strikten Beweis liefern. Nicht einmal vermag die Analyse uns anzugeben, ob das Wasser Bestandtheile enthält, welche zwar keine Krankheit hervorrufen, aber doch geeignet sind, die Widerstandsfähigkeit gegen krankmachende Einflüsse herabzusetzen und so in der Pathogenese als Hilfsursache zu wirken.

Es erübrigt, dass ich noch in kurzen Umrissen darlege, wie es um die indirekte Begründung der angenommenen Abhängigkeit der Krankheiten vom Trinkwasser bestellt ist, welche sich vorwiegend in Erhebungen über die Verbreitungsweise von Typhus und Cholera bisher bethätigt hat.

Die Beweisführung stützt sich, wie früher schon angedeutet worden ist, auf Mittheilungen aus der praktischen Erfahrung, nach welchen an den von Seuchen heimgesuchten Orten eine grössere Anzahl der aus der gleichen Bezugsquelle, z. B. einem Brunnen, mit Trinkwasser versorgten Personen erkrankt ist, während die von der Krankheit verschont gebliebenen Ortsbewohner zum grösseren Theil ein anderes oder kein Wasser getrunken hatten. Von Seiten der Gegner sind die nach dieser Richtung gemachten Beobachtungen, so sehr auch einzelne derselben zu Gunsten des Trinkwassereinflusses zu sprechen scheinen, als beweiskräftig nicht anerkannt worden, theils weil sich in der Mehrzahl der Fälle der Seuchenherd mit dem Trinkwasserbezirk nicht genügend deckte, theils weil zum mindesten ebenso zahlreiche Thatsachen der Beobachtung keinerlei Beziehungen zwischen der Verbreitungsweise der Krankheit und der Wasserversorgung erkennen liessen.

Manche haben schon aus dem Umstande, dass bei Seuchen nach dem Schliessen eines verdächtigen Brunnens die Erkrankungsfrequenz zurückgegangen war, den Schluss gezogen, dass auch thatsächlich das Wasser die Krankheitsursache enthalten habe. Derartige Erfahrungen sind nicht geeignet, die vermuthete ätiologische Rolle des Wassers klar zu stellen, weil sich in keinem Falle entscheiden lässt, ob nicht zufällig das naturgemässe, spontane Zurückgehen der Seuche zu der Zeit eingetreten war, in welcher eine Wirkung des sanitätspolizeilichen Eingreifens erwartet werden konnte. Jedenfalls ist aber der Ausschluss eines verunreinigten Wassers vom Consum, wo derselbe möglich ist, eine anerkennenswerthe sanitäre Maassnahme, welche nicht minder zu seuchefreien Zeiten geübt werden sollte.

Beobachtungen dieser Art erlangen nicht etwa dadurch Beweiskraft, dass auch durch die Analyse eine starke Verunreinigung im verdächtigen Wasser nachgewiesen worden war. Die oben mitgetheilten Erfahrungen von Flügge und Port über das Verhältniss der Typhusfrequenz zur Wasserbeschaffenheit warnen davor, im Reinlichkeitszustand des Brunnens ein Argument für die ätiologische Beweisführung zu suchen.

Die epidemiologische Forschung hat sich nicht damit begnügt, nur die Art des Auftretens und der Verbreitung der Krankheiten ins Auge zu fassen, sie hat vielmehr auch in seuchefreien Zeiten der Beschaffenheit des Wassers gewissenhafte Beobachtungen zu Theil werden lassen, um aus einem Vergleiche der Schwankungen in der Zusammensetzung des Wassers und dem Gesundheitszustande der Bevölkerung zu einer Erkenntniss jener örtlichen und zeitlichen Bedingungen zu gelangen, an welche das Auftreten der Krankheiten gebunden zu sein scheint.

Einer unermüdlichen Hingabe zum Trotz ist es noch nicht gelungen, die fraglichen Beziehungen des Wassers zu Typhus und Cholera über allen Zweifel festzustellen oder dasselbe von dem Verdachte der Mitwirkung in einer allgemein anerkannten Begründung endgültig freizusprechen. In neuerer Zeit hat man wiederholt versucht, die in Hinsicht der ätiologischen Bedeutung des Trinkwassers bestehende Controverse mittelst der Annahme zu begleichen, dass der Infektionsvorgang bald durch die Ingesta, bald durch die eingeathmete Luft, bald durch direkte oder indirekte Berührung mit dem Kranken, demnach sowohl durch Trinkwasser als auch durch Grundluft und Nutzwasser stattfinde. Leider lassen sich wissenschaftliche Streitfragen auf dem Vergleichswege nicht abthun; die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit vermag ich nicht zu bestreiten, dass weitere Beobachtungen zur Ueberzeugung von der Unhaltbarkeit des exclusiven Standpunktes der einen oder anderen Auffassung führen werden.

Viele erachten noch die Versorgung einer Gemeinde mit einem besseren Trinkwasser als ein vorzügliches Mittel zur Bekämpfung der Infektionskrankheiten und insbesondere des Typhus und der Cholera. Zwar fehlt es nicht an mehr oder weniger sorgsamen Aufzeichnungen der Erkrankungs- oder Sterbeziffern von Städten vor und nach der Einführung eines guten Trinkwassers:

Es liegen u. A. Mittheilungen vor, welche zu dem Glauben überreden, dass thatsächlich die neue Wasserversorgung gegenüber den Infektionskrankheiten einen wesentlichen sanitären Erfolg aufzuweisen

hat. Solchen Beobachtungen stehen aber andere entgegen, welche entweder an sich ein gegentheiliges oder wenigstens ein derartiges Zahlenergebniss gehabt haben, dass bei näherer Erwägung der gegebenen Verhältnisse sich kein beweiskräftiges Material zu Gunsten des Wassers daraus hat entnehmen lassen.

Statistische Erhebungen dieser Art verlangen für die Verwerthung der sich ergebenden Zahlen, wenn sie nicht zu Trugschlüssen führen sollen, eine kritische Behandlung. Die Erfahrung lehrt, dass die Infektionskrankheiten auch ohne sichtliche Aenderung der lokalen Verhältnisse an sich einen Wechsel in der Frequenz zeigen, dass sie selbst auf Zeiten ganz verschwinden, wie die Cholera, und mit grösserer oder geringerer Intensität wiederkehren. Die Beobachtung muss sich daher auf grosse Zeiträume erstrecken, wenn sie einigermaassen auf Verlässlichkeit des Ergebnisses Anspruch haben soll. Im Laufe einer Anzahl von Jahren ändert und bessert sich aber Manches in den lokalen Verhältnissen, was erfahrungsmässig von grösserem oder geringerem Einflusse auf die Entstehung und Verbreitung der Infektionskrankheiten und überhaupt von Belang für den allgemeinen Gesundheitszustand ist. So ist für manche Städte eine Abnahme der Typhusfrequenz ohne eine Verbesserung des Wassers nachgewiesen und gilt dies namentlich für München, wo die Typhussterblichkeit seit 20 Jahren um mehr als 50 Procent, noch vor Inangriffnahme der neuen Wasserleitung zurückgegangen war, was zum Theil auch den Fortschritten in der Therapie zu verdanken ist.[36]

Zu einiger Vorsicht in der Beurtheilung eines für einen guten Erfolg der Wasserversorgung sprechenden Ergebnisses der Beobachtung mahnt überdies die Thatsache, dass Städte bekannt sind, welche auch nach Einführung eines tadellosen Trinkwassers noch von Typhusepidemien heimgesucht waren.

Schlussfolgerungen für die Versorgungspraxis.

Der hier vorliegende Widerspruch der Meinungen ist aber keineswegs dazu angethan, das Ansehen der Wasserversorgung als Mittel zur Assanirung der menschlichen Wohnstätten zu schmälern; denn selbst die ausgesprochenen Gegner der sog. Trinkwassertheorie messen dem Wasser eine hohe sanitäre Bedeutung bei, wenn auch unter Betonung seines Werthes für die Ernährung und als Mittel zur Uebung der Reinlichkeit in jeder Richtung.

Trotz der vorläufigen Zurückweisung der Annahme, dass in der

Reinheit des Wassers ein wirksames Schutzmittel gegen Typhus und Cholera geboten sei, wird von dieser Seite auf das Wärmste für die Beschaffung eines reinen Wassers, und zwar sowohl zum Trinken und Hausgebrauch als auch zu Nutzzwecken, in der Ueberzeugung eingetreten, dass die Wasserversorgung ein wichtiges Glied in der Reihe der sanitären Reformen ist, welche in Angriff zu nehmen sind, um die Erkrankungs- und Sterbeziffern der Gemeinden auf den normalen Stand herunterzudrücken.

Aber gerade weil sie nur einen Theil dessen, was noch zu thun und zu leisten ist, ausmacht, gilt es auf der anderen Seite, eine Uebertreibung in den Ansprüchen an die Qualität des Wassers zurückzuweisen, also Maass und Ziel zu halten und über dem Verlangen nach dem reinsten Wasser der Gegend nicht die Bedeutung der Quantität zu vergessen. Ja es ist unter Umständen, zumal bei beschränkten Mitteln der Gemeinden, unbedingt rathsam, mit dem Kostenaufwand für die Wasserversorgungsanlagen etwas haushälterisch vorzugehen, damit nicht eine ideale meilenweite Quellenleitung allein soviel von dem nur verfügbaren Gelde verschlingt, dass für die Ausführung der anderen Assanirungsaufgaben wenig oder gar nichts übrig bleibt.

Wenn wir hier absehen von der wissenschaftlichen Seite der vorliegenden Streitfrage, für deren vollständige Lösung und endgültige Erledigung zur Zeit es noch an Materialien fehlt, so lässt sich immerhin mit Bestimmtheit sagen, dass in praktischer Hinsicht die Stellungnahme der Gegner der Trinkwassertheorie entschieden den Vorzug verdient, weil sie einerseits nichts versprechen, wofür sie keine sichere Gewähr leisten können, und andererseits durch das Aufstellen gleich hoher Ansprüche an die Reinheit des Nutzwassers eine grössere Vorsicht gegenüber den noch fraglichen pathogenen Eigenschaften des Wassers üben, als die eigentlichen Verfechter derselben.

Die Zurückhaltung im Versprechen von Erfolgen hinsichtlich der Besserung des allgemeinen Gesundheitszustandes der Bevölkerung ist schon aus dem Grunde angezeigt, weil die Typhusmortalität nur einen verhältnissmässig geringen Bruchtheil der Gesammtsterblichkeit ausmacht, sodass die Verwirklichung der versprochenen Herabsetzung der Typhusfrequenz wenig in die Augen fallen würde. In München beträgt die Typhussterblichkeit im Durchschnitt höchstens 3,5 Procent der Gesammtmortalität.[36)]

Insolange diese vorsichtige Haltung im Anpreisen der Vortheile von neuen Wasserleitungen nicht zu einer Unterschätzung von Gefahren und zu einer Gleichgültigkeit in der Auffassung des Nutzens des Wassers für die Förderung und Kräftigung des allgemeinen Gesundheitszustandes führt, verdient sie unbedingt den Vorzug und ist es

v. Pettenkofer und den Anhängern seiner Lehre geradezu als ein hohes Verdienst anzurechnen, dass sie die Anregung dazu gaben, dieser praktischen Frage ohne Voreingenommenheit näher zu treten. Die sanitären Werke, deren Ausführung die öffentliche Gesundheitspflege den Gemeinden zum Wohle der Bevölkerung vorschreibt, lassen sich hinsichtlich ihrer Nothwendigkeit ausreichend begründen, auch ohne dass eine sichere Anwartschaft auf die Beseitigung bestimmter Krankheitsformen oder auf die Abnahme der Frequenz derselben gegeben zu werden braucht. Die mit der Zeit auftretenden Fortschritte der epidemiologischen Forschung werden meines Erachtens im Wesentlichen nichts an den Gesichtspunkten ändern, welche die Hygiene der Gesundheitstechnik für die Anlage und den Betrieb von Wasserversorgungen bereits gegeben hat.

Literatur. 1) C. v. Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels u. der Ernährung. Leipzig 1881. S. 345 u. ff. — E. F. v. Gorup-Besanez, Lehrb. d. physiologischen Chemie. 4. Aufl. Braunschweig 1878. — Hoppe-Seyler, Physiologische Chemie. Berlin 1881. S. 28 u. ff. — J. Forster, Ernährung u. Nahrungsmittel. Handbuch d. Hygiene und der Gewerbekrankheiten. Leipzig 1882. I. Thl. Abthl. I. S. 55. — C. v. Voit, Untersuchung d. Kost in einigen öffentlichen Anstalten. München 1877. — J. König, Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel. Berlin 1880. — 2) J. Forster, Beiträge zur Ernährungsfrage. Zeitschr. f. Biologie 1873. IX. S. 387. — 3) v. Pettenkofer, Vortrag über Wasserversorgung. Deutsche Revue der Gegenwart 1878. 2. Jahrg. 8. Hft. — 4) Bericht über die Erhebungen d. Wasserversorgungs-Commission des Gemeinderaths der Stadt Wien. Wien 1864. — 5) F. Tiemann und C. Preusse, Ueber d. Nachweis d. org. Subst. im Wasser. Berichte d. D. chem. Ges. 1879. XII. S. 1906. — 6) E. Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. 4. Aufl. Halle 1880. — 7) C. Flügge, Die Bedeutung von Trinkwasseruntersuchungen für die Hygiene. Zeitschr. f. Biologie 1877. XIII, und Die Verunreinigung des städtischen Bodens, in C. Flügge's Beiträgen zur Hygiene. Leipzig 1879. — 8) J. v. Fodor, Boden u. Wasser. (Hygienische Untersuchungen 2. Abthl.) Braunschweig 1882. — 9) O. Reich, Die Salpetersäure im Brunnenwasser. Berlin 1868. — 10) C. Bulk, Beziehungen zwischen Ruhrkrankheit und Beschaffenheit des Genusswassers etc. Correspondenzbl. d. niederrh. Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege 1876. V. S. 45. — 11) Port, Ueber das Vorkommen des Abdominaltyphus in der kgl. bayer. Armee. Zeitschr. f. Biologie 1872. VIII. S. 475, und Die Münchener epidemiologische Schule. D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. 1882. XIV. S. 153. — 12) M. Popper, Ueber die Schwankungen im Kohlensäuregehalte des Grundwassers. Zeitschr. f. Biologie 1879. XV. S. 589. — 13) F. Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Breslau 1872. 2. Hft. S. 194. — 14) Nencki, Ueber die Lebensfähigkeit der Spaltpilze bei fehlendem Sauerstoff. Chem. Centralbl. 1879. S. 442. Berichte d. D. chem. Ges. 1879. — 15) A. Wernich, Die aromatischen Fäulnissprodukte in ihrer Wirkung auf Spalt- und Sprosspilze. Virchow's Archiv 1879. Bd. 78. S. 51. — 16) F. Hueppe, Ueber einige Vorfragen zur Desinfectionslehre. D. Militärärztl. Zeitschr. 1882. — 17) R. Emmerich, Die Einwirkung des verunreinigten Wassers auf die Gesundheit. Zeitschr. f. Biologie 1878. XIV. S. 563. — 18) A. Hiller, Ueber extrahirbares, putrides u. septikämisches Gift. Centralbl. f. Chirurgie 1876. Nr. 14 u. 15. — 19) J. A. Rosenberger, Experimentelle Studien über Septikämie. Centralbl. f. d. med. Wissenschaften 1882. Nr. 4. — 20) M. J. Rossbach, Ueber Vermehrung d. Bacterien im Blute lebender Thiere nach Einverleibung eines chemischen organismenfreien Fermentes. Centralbl. f. d. med. Wissenschaften 1882. Nr. 5. — 21) C. v. Nägeli, Die niederen Pilze. München 1877. — 22) F. Hofmann, Ueber die hygienischen Anforderungen an Anlage u. Benutzung von Friedhöfen. D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheits-

pflege 1882. XIV. 1. Hft. S. 21. — 23) F. Cohn, Beiträge etc. Breslau 1875. I. Hft. 1. S. 108, Ueber den Brunnenfaden mit Bemerkungen über die mikroskopische Analyse des Brunnenwassers. — 24) A. Heller, Invasionskrankheiten. v. Ziemssen's Handbuch der spec. Pathol u. Therapie. III. 2. Aufl. 1876, und Die Schmarotzer. Naturkräfte. 30. Bd. München 1880. — 25) B. Eyferth, Die mikroskopischen Süsswasserbewohner. Braunschweig 1877. — 26) L. Hirt, Ueber die Principien und die Methode der mikroskopischen Untersuchung d. Wassers. Zeitschr. f. Biologie 1879. XV. S. 91. — 27) Mittheilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte. 1. Bd. Berlin 1881. — 28) R. Koch, Die Aetiologie der Milzbraudkrankheiten. F. Cohn's Beiträge etc. Breslau 1876. II. 2. Hft. S. 277. — 29) Laptschinsky, Zur Kenntniss der Spirochäten. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1880. S. 341. — 30) H. Buchner, Ueber die experimentelle Erzeugung d. Milzbrandcoutagiums. München 1880. — 31) Feser, Deutsche Zeitschr. f. Thiermed. 1880. S. 166. — 32) R. Koch, Verhandlungen d. medicin. Congresses in Wiesbaden 1882. D. med. Wochenschr. Nr. 18. — 33) v. Pettenkofer, Gutachten über Verwendung alter kyanisirter Eisenbahnschwellen etc., Egger's Jahresbericht des hygien. Instituts 1882. S. 85. — 34) A. Wernich, Desinfectionslehre. 2. Aufl. Wien-Leipzig 1882. — 35) F. Cohn, Untersuchungen über Bacterien. Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Breslau 1875. I. 2. Hft. S. 127, 3. Hft. S. 141. 1876 II. 2. Hft. S. 249. — 36) G. Wolffhügel, München eine „Peststadt"? Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1876. VIII. Hft. 3.

VIERTES CAPITEL.

Beurtheilung der Qualität des Wassers.

Die Aufgaben der Untersuchung.

Die Aufforderung, ein Wasser zu untersuchen, kann aus mancherlei Veranlassung an uns ergehen:

Bald ist von der öffentlichen Gesundheitspflege die Frage zur Entscheidung vorgelegt, welches von mehreren zur Auswahl gestellten Wässern sich zum Zweck der allgemeinen Versorgung am besten eigne, bald wird ein Urtheil über einen Brunnen verlangt, dessen Wasser im Verdacht steht, krankmachende Stoffe zu enthalten, und soll die Untersuchung zeigen, ob ein Bedürfniss vorliegt, denselben polizeilich zu sperren, bald sind im Dienste der epidemiologischen Forschung laufende Beobachtungen über die wechselnde Zusammensetzung des Wassers verschiedener Brunnen eines Ortes anzustellen u. dgl. mehr.

Zwar laufen in Mehrzahl die hygienischen Untersuchungsaufgaben, sei es direkt oder indirekt, darauf hinaus, im Wasser gesundheitsschädliche Stoffe aufzusuchen, nichtsdestoweniger ändern sich, wie schon aus den im vorhergehenden Capitel vorausgeschickten Grundlagen für die hygienische Beurtheilung des Wassers hervorgeht, je nach der Fragestellung mehr oder weniger die Gesichts-

punkte für die Wahl der Methode und die kritische Behandlung des Ergebnisses.

Es unterscheiden sich die einzelnen Aufgaben übrigens auch in Hinsicht der Tragweite des aus ihrer Lösung sich ergebenden Bescheides. Wo nur im Interesse der Wasserversorgung eine Prüfung vorzunehmen ist, in welcher es sich vorweg um eine Auswahl unter den zu Gebote stehenden Bezugsquellen handelt, genügt der Analytiker seiner Pflicht, wenn er die Qualität des Wassers nach dem Grade der Reinheit bemisst, zudem auch Rücksichten der Appetitlichkeit und die Bedürfnisse des Haushalts und der Gewerbe der Wahl diese Richtung geben. Sobald aber ein bestimmtes Urtheil über die Zuträglichkeit erfordert, z. B. im Falle eines Verdachtes eine Erklärung der Schädlichkeit oder Unschädlichkeit verlangt wird, wächst die Verantwortlichkeit, da einerseits die Entscheidung einer Fahrlässigkeit vorbeugen soll und andererseits der Erkenntniss der Wahrheit, welche wir im Dienste der ätiologischen Forschung anstreben, doch nicht zuwider sein darf.

Die Bedingungen an die Qualität.

Die Anforderungen, welche die Gesundheitspflege an das zur Versorgung bestimmte Wasser stellt, gelten zum Theil unerlässlichen, zum Theil wünschenswerthen Eigenschaften; sie lassen sich im Allgemeinen, wie folgt, formuliren:

Das Wasser muss unbedingt frei sein von toxisch oder infektiös wirkenden Körpern; es sei klar und farblos, wohlschmeckend und geruchlos. Seine Temperatur soll eine erfrischende sein und im Laufe des Jahres keine grossen Schwankungen zeigen.

Organisirte Beimengungen soll das Wasser, wo möglich, keine enthalten. Die Menge der gelösten festen Bestandtheile darf nur innerhalb enger Grenzen schwanken, der Gehalt an organischen Stoffen sei möglichst gering, ebenso an Chloriden, Sulfaten und Nitraten. Es muss von Schwefelwasserstoff frei sein; Grundwasser darf von Ammoniak und salpetriger Säure auch nicht Spuren erkennen lassen. Die Härte soll 18 deutsche Härtegrade nicht überschreiten und darf weder durch Magnesiasalze noch durch Gyps wesentlich bedingt sein.

Die Ansprüche der Gewerbe und der Industrie*) sowie des öffentlichen Lebens an die Beschaffenheit des Wassers stimmen

*) Vgl. F. Fischer[1]) S. 279 u. ff.

im Grossen und Ganzen mit jenen der Gesundheitspflege überein: das Wasser soll möglichst rein, nicht zu hart sein.

Die Gährungstechnik scheut für den Brauprocess und die Spiritusfabrikation ein verunreinigtes Wasser, weil die in einem solchen enthaltenen Mikroorganismen beim Weichen des Getreides oder anderer stärkemehlhaltiger Körper Fäulniss oder Schimmelbildung erregen und selbst die Gährung der Würze stören können. Im letzteren Falle wirkt übrigens wahrscheinlich seltener die Verwendung des unreinen Wassers zum Sud schädlich als das Auswaschen der Gährbottiche oder das Nachfüllen mit demselben. Man nimmt an, dass nicht allein die im verunreinigten Wasser vorhandenen organisirten Elemente eine ungünstige Wirkung auf das Malz und Bier äussern, sondern auch die nicht geformten, organischen Stoffe, so Gerbsäure, Quellsäure und Quellsatzsäure. Bier, welches mit einem durch animalische Abfallstoffe verunreinigten Wasser gebraut ist, soll weniger haltbar sein.

Beim Backen des Brodes kann es gleichfalls durch Verwendung von unreinem Wasser zu einer Störung des Gährungsvorganges kommen.

Für die Gerberei ist es wichtig, dass das Wasser keine grossen Mengen an organischen Stoffen enthält, weil dieselben ein Verfallen des Leders im Wasser bewirken. Während der wärmeren Jahreszeit nehmen in einem verunreinigten Wasser die Häute auch leicht durch Fäulniss Schaden.

Insbesondere verlangt die Färberei ein völlig klares und farbloses Wasser. Von organischen Stoffen gefärbte Wässer ertheilen den Geweben oder Garnen eine gelbe Farbe und können dieselben selbst fleckig machen.

Eisenhaltiges Wasser wird von Papierfabriken, Bleichereien, Färbereien, Wäschereien u. s. w. gemieden, weil es Rostflecken erzeugt.

Chloride in grösserer Menge und namentlich die von Calcium und Magnesium gelten als schädlich für den Keimungsprocess bei der Brauerei und Brennerei.

Dieselben kommen noch wesentlich in Betracht bei der Verwendung des Wassers zur Mörtelbereitung und Befeuchtung der Steine beim Bauen, insofern diese stark hygroskopischen Salze zum Feuchtwerden der Mauern und Auftreten von nassen Flecken an den Wänden führen, bei trockenem Wetter Efflorescenzen bilden, die bei feuchter Witterung zerfliessen, den Bewurf lockern und zum Abblättern bringen sowie zum Nährboden von Schimmel- und Algenvegetationen werden. In der nämlichen Hinsicht beansprucht noch der

Gehalt des Wassers an Sulfaten von Natrium, Magnesium und Calcium sowie an Natriumbicarbonat unsere Beachtung. Ferner können im Mörtel sich die mit dem Wasser hineingelangten stickstoffhaltigen Körper und Humussubstanzen zu Calciumnitrat umsetzen, welches die als Mauersalpeter bekannten Auswitterungen bildet.

Für die Zuckerfabrikation sind die Nitrate im Wasser störend, weil sie die Krystallisation des Zuckers beschränken.

Nicht minder wichtig wie für den Haushalt (vgl. S. 20) ist für Gewerbe und Industrie der Härtegrad des Nutzwassers. In erster Reihe ist es die Sorge vor Kesselsteinbildung, welche das weiche Wasser vorzuziehen gebietet. Mehr noch wie im Haushalt wird wegen des nachtheiligen Einflusses auf die Seife und den Reinigungsvorgang in der Textilindustrie (den Tuchfabriken, Walkereien u. s. w.) und in Waschanstalten die Anwendung von hartem Wasser nach Möglichkeit vermieden. Die festhaftenden Theilchen von Kalk- und Magnesiaseife bringen überdies Störungen beim Färben der Gewebe und Garne.

Für die Färberei ist der Gehalt an alkalischen Erden insofern noch von Bedeutung als das kalkhaltige Wasser den Ton mancher Farben ändert. Für verschiedene Farben, z. B. Türkischroth, Krapp, künstliches Alizarin, Purpurin, ist indessen ein gewisser Kalkgehalt geradezu erwünscht.

Die Härte des Wassers und besonders der Gypsgehalt bringt der Mälzerei und Brauerei Vortheile und Nachtheile: Weiches Wasser fördert das Quellen der Gerste mehr als hartes, entzieht aber derselben beim Weichen eine grössere Menge von Extraktivstoffen und Salzen (insbesondere Phosphorsäure und Kaliumphosphat), andererseits bildet hartes Wasser beim Weichen mit den eiweissartigen Körpern in der Gerste unlösliche Kalkverbindungen, wodurch die Ausbeute an denselben vermindert wird. Die Anwendung von gypshaltigem Wasser ist erfahrungsgemäss der Klärung der Würze günstig. Im Allgemeinen wird für die Brauerei ein weiches Quellwasser dem harten vorgezogen. Auch für die Leimsiedereien wird weiches Wasser verlangt.

Manche harte Wässer haben die Eigenthümlichkeit, dass sie von selbst — ohne Erwärmung — durch Abdunsten der halbgebundenen Kohlensäure an die Luft Calciumcarbonat ausscheiden, welches sich an Gegenständen im Bett des Wasserlaufs niederschlägt, an Moos, Wurzeln u. dgl., ferner an hölzernen Rinnen, Schützen, Mühlschaufeln, an den Auslässen von Wasserleitungen u. s. w. Incrustationen oder tuffartige Ablagerungen bildet. Als

Beispiel möchte ich u. A. die Karlsbader Wässer sowie das Wasser der Quellen des Mangfallthales in Oberbayern erwähnen.

Man nennt diese Erscheinung Sintern, sie kann nur dort stattfinden, wo das Wasser mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommt, also nicht in geschlossenen Rohrleitungen. Für das Zustandekommen der Sinterbildung ist nicht der Grad der Härte oder das Vorherrschen von einer oder der anderen Calcium- oder Magnesiumverbindung maassgebend, vielmehr ist, wie v. Pettenkofer, und nach ihm A. Wagner[2], durch Versuche dargethan hat, die erforderliche Hilfsursache in einem geringen Gehalte an Alkalibicarbonat und überschüssiger freier Kohlensäure zu suchen. Auch scheint ein reines, an organischen Stoffen armes Wasser leichter zu sintern als ein unreines.

Bei Berathungen über Neuanlage von städtischen Wasserversorgungen begegnen wir nicht selten der Meinung, dass man an die Reinheit des Wassers für öffentliche Zwecke (Löschwesen, Strassenbesprengung, Spülung der Kanäle, Speisung von Fontainen u. dgl.) wesentlich geringere Bedingungen, beziehungsweise keine Anforderungen zu stellen habe. Ich will gern zugeben, dass manche Erfordernisse des guten Trinkwassers — z. B. gleichmässige, kühle Temperatur, Klarheit und Farblosigkeit, geringer Gehalt an gelösten festen Bestandtheilen — hier wenig oder gar nicht in Betracht kommen und dass man die Spülung der Kanäle selbst mit einem verunreinigten Wasser, wie mit den Abwässern des Haushalts, erzielen kann; indessen möchte ich in der Duldsamkeit doch nicht weiter gehen.

Das Löschwesen vermeidet z. B. schon zur Schonung der Feuerspritzen die Verwendung von unreinlichem Wasser, ferner darf es der öffentlichen Gesundheitspflege nicht gleichgültig sein, dass mit einem Wasser, das übelriechend ist oder infektiös wirkende Stoffe enthält, die Strassen besprengt und die Gossen bespült werden. Auf diesem Wege kann sehr wohl eine Verbreitung von parasitären Krankheitserregern geschehen, wie uns auch deren Uebertragung durch den Gebrauch des Nutzwassers im Haushalt nicht unwahrscheinlich dünkt.

Der Untersuchungsgang.

Es ist üblich, die Wasseruntersuchung in drei Abschnitte einzutheilen, in eine Vorprüfung, mikroskopische Untersuchung und chemische Analyse.

Die Vorprüfung interessirt sich für die Temperatur, den Geruch, Geschmack, die Klarheit und Farbe des Wassers. Dieselbe soll zeigen, ob das Wasser die in Hinsicht der Appetitlichkeit und

des Wohlgeschmacks gestellten Bedingungen, dass es frisch, klar, farb- und geruchlos sei, erfüllt.

Der mikroskopischen Untersuchung fällt die Aufgabe zu, das morphologische und biologische Verhalten der nicht gelösten Bestandtheile, der geformten Elemente zu ermitteln, sie ist vorzugsweise auf Mikroorganismen gerichtet, von welchen man vermuthet, dass sie entweder an sich einen pathogenen Charakter haben oder doch durch ihre Lebensthätigkeit dem Wasser eine die Gesundheit in irgend einer Weise schädigende Eigenschaft geben können, ferner auf Eier und Jugendzustände von Entozoen und auf Merkmale der Verunreinigung mit Kloakenstoffen u. dgl.

Die chemische Analyse befasst sich hauptsächlich mit den gelösten Bestandtheilen, sucht zunächst einen annähernden Aufschluss über die Gesammtmenge derselben durch die Bestimmung des Trockenrückstandes und gibt im qualitativen und quantitativen Befund eine gute Grundlage für die Feststellung des Grades der Reinheit. Die Bestandtheile, nach welchen sie fragt, sind theils nur ein Maass für die Verunreinigung im Allgemeinen, theils deuten dieselben eine bestimmte Provenienz an und haben an sich entweder als indifferent zu gelten oder sind als Schädlichkeiten bekannt.

Im Wesentlichen interessirt sich die chemische Analyse für folgende vier Gruppen von Körpern:

1. Chlor, Schwefelsäure, Kalk, Magnesia sowie Alkalien,
2. organische Stoffe,
3. Schwefelwasserstoff, Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure, Kohlensäure und Sauerstoff,
4. mineralische Gifte.

Mit Hilfe chemischer Reaktionen war man bisher noch nicht im Stande, den Giftstoff der putriden Intoxikation und andere den Fäulnissgiften ähnliche Körper im Wasser nachzuweisen. Ueber das Vorhandensein oder die Abwesenheit derselben muss man den physiologischen Versuch am Thiere entscheiden lassen. Ich halte dafür, dass man in den bisher üblichen Untersuchungsgang noch die experimentelle Ermittelung pathogener, d. h. infektiöser und toxischer Wirkungen sowohl der suspendirten als der gelösten Bestandtheile einreihen sollte, wenn man auch nur annähernd ein Urtheil über den Werth des Wassers gewinnen will. Diese Untersuchung auf pathogene Eigenschaften dürfte am besten im Anschluss an die mikroskopische Analyse erfolgen.

Bei Bearbeitung hygienischer Fragen ist es nicht etwa erforderlich, den im Vorstehenden skizzirten Gang der Untersuchung für alle

Arbeitsaufgaben schablonenmässig einzuhalten, vielmehr wird man sich von Fall zu Fall darüber schlüssig machen, ob die Analyse eine vollständige werden oder auf einzelne Bestandtheile und Eigenschaften des Wassers sich beschränken soll.

Wenn z. B. der Verdacht vorliegt, dass das Wasser aus dem Leitungsmaterial oder aus einem mit Fabrikrückständen durchtränkten Boden einen Giftstoff aufgenommen habe, wird die Prüfung zunächst nur auf den Nachweis und eventuell auch auf die quantitative Bestimmung des fraglichen Körpers zu richten sein. Sollen Brunnen in Hinsicht des Einflusses benachbarter Abort- und Versitzgruben controlirt werden, so genügt die Chlorbestimmung.

In Wasserversorgungsfragen führt das Ergebniss eines einzelnen Abschnittes des Untersuchungsganges, z. B. der Vorprüfung, mitunter allein schon zur Erklärung der Unbrauchbarkeit eines Wassers. Jedoch ist es im anderen Falle für die hygienische Beurtheilung wünschenswerth, die Untersuchung auf eine grössere Anzahl von Bestandtheilen auszudehnen, weil der Eindruck der Reinheit noch keine volle Bürgschaft für das Freisein von gesundheitsschädlichen Stoffen bietet und andererseits eine Ueberschreitung der in der Beschaffenheit des reinen Wassers des Verbrauchsortes oder seiner Umgebung zu findenden Vergleichswerthe seitens eines einzelnen Bestandtheils gewöhnlich noch nicht zu einem abfälligen Urtheil berechtigt. Namentlich in zweifelhaften Fällen wird das ganze Bild der Zusammensetzung in Betracht zu ziehen sein, so dass gleichsam in der Untersuchung die Bestimmung des einen Bestandtheiles die des anderen ergänzt.

Die Deutung des Untersuchungsergebnisses.

Vorprüfung.

Im Interesse des Wohlgeschmacks und der Zuträglichkeit ist es wünschenswerth, dass die Temperatur des Trinkwassers während der verschiedenen Jahreszeiten nur innerhalb enger Grenzen (7 bis 11 ° C.) schwanke. Es wird daher eine fortgesetzte Temperaturbeobachtung darthun, ob ein zur Versorgung bestimmtes Wasser dieser Anforderung genügt. Indessen dürfen wir nicht etwa ein Wasser, das den Temperaturschwankungen der Erdoberfläche folgt, allein wegen seiner zeitweise nicht entsprechenden Wärme als absolut ungeeignet für den Versorgungszweck bezeichnen.

Auch kann die Temperatur uns einen Fingerzeig für die Herkunft des Wassers geben, da dieselbe abhängig ist von der Wärme des Mediums, in dem das Wasser sich bewegt, beziehentlich aus dem

es Zuflüsse erfährt. Eine beständig höhere Temperatur des Brunnenwassers als die mittlere Jahreswärme an der Erdoberfläche des Beobachtungsortes, lässt auf eine aussergewöhnliche Tiefe des Speisungsgebietes schliessen, starke Temperaturschwankungen weisen entweder auf eine oberflächliche Lage der wasserführenden Schichten des Bodens oder auf eine reichliche Zuströmung von Tage- oder Sickerwasser hin.

Auch entscheidet mitunter die Temperaturbeobachtung darüber, ob ein, in der Nähe eines Flusses gelegener Brunnen mit Flusswasser oder mit Grundwasser, das auf dem Wege der unterirdischen Drainage dem Flusse zuströmt, gespeist wird.

Mit Hilfe einer von B. Salbach angegebenen Formel ist man sogar im Stande, aus den Temperaturbeobachtungen die Mengenverhältnisse zu berechnen, in welchen sich Grund- und Flusswasser in solchen Fällen an der Speisung des Brunnens betheiligen.

Der Nachweis abnormer Verhältnisse in Bezug auf den Geruch und Geschmack, die Klarheit und Farbe des Wassers lässt den Schluss, dass das Wasser schädliche Eigenschaften habe, nicht ohne Weiteres zu, wenngleich der Wohlgeschmack und der Eindruck der Reinheit wichtige Bedingungen der Wasserversorgung sind. Die ätiologische Deutung eines derartigen Befundes wird je nach der Ursache der Erscheinung anders ausfallen müssen.

Die Art des Geschmacks oder Geruchs, der Trübung oder Färbung zeigt oft sofort den Bestandtheil an, durch welchen sie bedingt ist, oder weist wenigstens die Untersuchung nach einer bestimmten Richtung hin. Der Geruchsinn vermag von Schwefelwasserstoff schon sehr geringe Mengen, 1 bis 2 mg i. l, zu erkennen. Dagegen tritt die Geschmacksempfindung nur bei einem verhältnissmässig hohen Salzgehalt ein, sodass dieselbe eine starke Verunreinigung des Wassers vermuthen lässt.

Man hat schon wiederholt versucht, experimentell zu ermitteln, bei welcher Menge die einzelnen Bestandtheile im Wasser geschmeckt werden, indem man Lösungen derselben in verschiedener Concentration von einer Anzahl Personen kosten und über deren Geschmack entscheiden liess:

Nach Angaben von de Chaumont wurde von der Mehrzahl der Geschmack der gelösten Körper erst erkannt bei 0,17 bis 0,21 g kohlensaurem Kalk, 0,36 bis 0,43 g schwefelsaurem Kalk, 0,21 bis 0,29 g salpetersaurem Kalk, 0,71 bis 0,79 g Chlormagnesium, 1,07 g Chlornatrium, 1,71 bis 1,86 g salpetersaurem Natron, 0,86 g kohlensaurem Natron, 0,57 bis 0,64 g salpetersaurem Kali, 0,29 g Chlorkalium, 0,0037 g Eisenoxydul im Liter Wasser. Es hat sich in diesen Versuchen, wie zu erwarten war, ergeben, dass die Empfindlichkeit des Geschmacksinnes individuell sehr verschieden ist; so haben gegenüber Kochsalz bei 1,0 g i. l 2 Personen einen salzigen resp. laugigen Geschmack empfunden, während 5 andere

den Geschmack theils holzig, theils metallisch, theils wie von destillirtem Wasser bezeichnet haben. Die individuelle Verschiedenheit geht überdies noch aus dem Mangel an Uebereinstimmung dieser Angaben mit den Mittheilungen von anderen Beobachtern hervor (Roth u. Lex[3]).

Pappenheim[4] gibt an, dass von Gyps, Kochsalz, Chlorammonium, Chlorcalcium und Kalialaun 0,5 g i. l, von salpetersaurem Natron und Kali sowie von schwefelsaurer Magnesia 1,0 g, von Kupfervitriol 0,05 g, Eisenvitriol 0,06 g i. l mit der Zunge schon nicht mehr erkannt werden; das Gleiche berichtet Nowak.[5]

Die Trübung wird im Wasser entweder sofort bei der Entnahme vorgefunden oder erst einige Zeit nach derselben. Eine solche, durch mineralische Körper nachträglich eintretende Trübung wird beobachtet nach dem Entweichen der halbgebundenen Kohlensäure der Bicarbonate und Ausfallen der Carbonate von Kalk, Magnesia und Eisen.

Durch organisirte Körper tritt eine Trübung häufig erst nach einigen Tagen in Folge von Vegetationen auf, welche beim Stehen des Wassers in der Zimmerwärme aus den im Wasser enthaltenen, beziehentlich nach der Entnahme in dasselbe gelangten Keimen sich entwickeln.

Die Färbung kann bedingt sein durch gelöste oder durch suspendirte Stoffe (siehe S. 150).

Wie man einerseits nicht auf den Befund hin, dass ein Wasser den in der Vorprüfung gestellten Ansprüchen nur theilweise oder gar nicht entspricht, dasselbe kurzweg als gesundheitsschädlich bezeichnen darf, würde es auch gewagt sein, wenn man einem in gedachter Hinsicht tadellosen Wasser das Zeugniss geben wollte, dass es vollkommen frei ist von Bestandtheilen, die sanitäre Bedenken erregen könnten; denn es würden z. B. einzelne Bandwurmeier nicht mehr mit blossem Auge zu sehen sein.

Mikroskopische Untersuchung.

Früher galt der Nachweis von Mikroorganismen, besonders von Schizophyten, im Wasser als ein schlimmes Zeichen. Man erklärte ein solches Wasser nicht nur für ungeeignet zum Trink- und Hausgebrauch sondern sah es auch in ätiologischer Hinsicht zum Mindesten als verdächtig an. Seit aber die mykologische Forschung in untrüglicher Weise gelehrt hat, dass es selbst unter den Schizophyten unschuldige gibt, und seit die tägliche Erfahrung zeigt, dass man mit Hilfe der verbesserten optischen Instrumente und Untersuchungsmethoden auch im reinen Quellwasser Schizophyten findet, ist uns die Feststellung der Qualität auf Grund des Ergebnisses der mikroskopischen Analyse noch mehr erschwert, besonders da die Mykologie

in der Sichtung des Befundes nach pathogenen und indifferenten Lebensformen und in dem Aufsuchen morphologischer und biologischer Kriterien für dieselben noch in ihren Anfängen liegt.

Wie ich schon auseinandergesetzt habe, erweist die Aufgabe sich um so schwieriger, als man die Schädlichkeit nicht etwa nach der Menge, in welcher sich die Mikroorganismen vorfinden, bemessen und ein Wasser, weil es nur vereinzelte pathogene Schizophyten enthält, für unbedenklich erachten kann. Der Schwerpunkt der Untersuchung wird demgemäss in der Entscheidung liegen, ob die in einem Wasser aufgefundenen niederen Lebewesen pathogener Natur sind oder nicht. Nun kommen aber im Wasser auch Mikroorganismen vor, welche sich zwar bei der Uebertragung auf den menschlichen Organismus indifferent verhalten, indessen doch im Stande sind, im Wasser beziehentlich im Boden, den es auslaugt, durch ihren Lebensprocess toxische Stoffe zu bilden. Die Prüfung ist deshalb nicht nur auf infektiöse sondern auch auf toxische Eigenschaften des Wassers zu richten.

Für die Zwecke der Versorgung ist es unter allen Umständen erforderlich, dass man schon aus anderen, als sanitären Rücksichten demjenigen Wasser den Vorzug gibt, welches von Mikroorganismen möglichst frei ist, denn selbst für den Fall, dass diese organisirten Bestandtheile wie die meisten Algen keinerlei gesundheitsschädliche Wirkungen bedingen, könnten sie für die Gemeinde, welche auf ein mit denselben behaftetes Wasser angewiesen ist, zu einer fatalen Plage werden, was man z. B. in Berlin während der letzten Jahre mit dem durch die eisenhaltigen Vegetationen von Crenothrix polyspora, F. Cohn, (id. mit Hypheothrix Kühneana[6]), verunreinigten Wasser der Tegeler Leitung erlebt hat.[7]

Den Darlegungen von Magnus[8] zufolge haben die Algen für das Wasser folgende Bedeutung:

1. Im Allgemeinen sind die Vegetationen der grünen Algen im Wasser als nützlich und heilbringend zu begrüssen, da mit dem Sauerstoff, den sie in ihrem Lebensprocess aus der Kohlensäure des Wassers entwickeln, die gelösten Stoffe im Wasser oxydirt werden. Erst, wenn sie in grösserer Menge auftreten, werden dieselben lästig, namentlich wenn bei sinkendem Wasserstand von ihnen, z. B. von Spirogyra und Cladophora, in flachen Gräben oder seichten Ufern mehr im Wasser zurückbleiben, als dasselbe zu ernähren vermag, so dass sie nach und nach unter Absterben in Fäulniss gerathen.

2. Die Algenarten, welche als sog. Wasserblüthen die Oberfläche der Wässer auf weite Strecken erfüllen, bringen der Umgebung keinen Nachtheil. Es sind namentlich Arten aus der Familie der Phycochromaceen, die durch eine blaugrüne Farbe sich auszeichnen. Man hat sie beschuldigt, dass sie den Fischen im Wasser, besonders im Hochsommer,

verderblich seien. Nur so viel steht fest, dass die Wasserblüthe, wenn sie, was selten geschieht, im Wasser abstirbt und fault, den Fischen oder dem aus ihm trinkenden Vieh Schaden bringen kann.

3. Die Oscillarien und Beggiatoen zersetzen, wie andere Pflanzen, die Sulfate im Wasser, jedoch mit der Eigenthümlichkeit, dass sie dabei Schwefelwasserstoff entbinden. Sie bringen andere Pflanzen und die Thierwelt im Wasser nach und nach zum Absterben, erfüllen dadurch die Gewässer mit faulenden organischen Resten und verpesten die Luft für die Umgebung.

Auf Vegetationen dieser Algen beruht der Schwefelwasserstoffgehalt mancher Thermalquellen, sie bilden den sog. Badeschleim.

4. Die Saprolegnien (Wasserpilze) vegetiren auf abgestorbenen oder absterbenden organischen Substanzen in noch fester, ungelöster Form (z. B. auf todten Thierleibern, Fischeiern, jungen Fischen und Fischleichen, auf faulenden Wurzeln, pflanzlichen Fabrikabfällen, wie Schlempe). Für Thierleichen sind es meistens Arten der Gattungen Achlya und Saprolegnia, für Schlempe u. dgl. der Leptomitus lacteus (Saprolegnia lactea Pringsh.).

5. Die Crenothrix polyspora (Brunnenfaden) lagert durch ihre Vegetationsthätigkeit, wenn das Wasser durch eiserne Röhren geleitet wird, in ihrer gallertartigen Membran Eisenoxdhydrat ab, die Fäden werden dadurch lebhaft gelb bis braun gefärbt, so dass die sonst fürs blosse Auge nicht bemerkbare Alge nunmehr als starke Verunreinigung des Wassers auftritt. Gesundheitsschädliche Wirkungen von dieser Seite sind nicht beobachtet worden.

Die morphologische und biologische Untersuchung der suspendirten Theile gibt bisweilen durch Auffinden der Spuren von häuslichen und thierischen Abfallstoffen, von Kloakenbestandtheilen u. dgl. (vgl. S. 104) einen ergänzenden Bescheid über die Quelle der Verunreinigung des Wassers oder sie ertheilt uns bemerkenswerthe Winke bezüglich der Wege, welche zum Theil das Wasser gewandelt ist. Der Befund lässt aus dem Ueberwiegen einzelner Gruppen von Organismen zur Genüge erkennen, ob das Wasser aus tieferen Schichten des Bodens entnommen, zu welchen die von der Erdoberfläche versickernden Abfallstoffe nicht gelangen, oder ob die Bezugsquelle unter dem Einflusse des Tage- oder Sickerwassers steht. So enthält ein Wasser von der erstgenannten Abstammung hauptsächlich nur anorganische Bestandtheile, daher gar keine Pilze und Gährungsinfusorien sondern, wenn überhaupt Organismen, nur braune und grüne Algen und die von diesen sich nährenden Wasserthierchen (F. Cohn, l. c., S. 114).

Andererseits gestattet das Vorherrschen der einen oder anderen Gruppe von niederen Lebewesen einen Rückschluss auf den Grad der Reinheit und die Zusammensetzung des Wassers, da die mikrosko-

pischen Süsswasserbewohner nur nach Maassgabe des für sie vorhandenen Nährmateriales gedeihen können.

F. Cohn (l. c. S. 113) zufolge kann man die Wässer je nach dem Auftreten dieser Organismen in drei Kategorien theilen:

1. Wasser, das arm an organischen Stoffen ist, enthält Diatomeen und grüne Algen (Conferven, Protococcus und Scenedesmus u. s. w.), vorausgesetzt, dass der Zutritt des Lichtes möglich ist, unter dessen Einfluss sie die Kohlensäure des Wassers zerlegen und zu ihrer Ernährung nutzbar machen.

In faulendem Wasser gehen diese Algen bald zu Grunde; von ihnen ernähren sich gewisse grössere und schönere Arten der Infusorien, insbesondere viele Ciliaten (Nassula, Loxodes, Urostyla u. s. w.), von letzteren oder direkt von den Algen wieder Entomostraceen (Daphnia, Cyclops, Cypris) und die meisten Räderthiere, sowie Borstenwürmer (Naiden) und Mückenlarven. Ihre Gegenwart in geringer Zahl sei daher innerhalb gewisser Grenzen mit der Reinheit des Wassers durchaus nicht unvereinbar.

2. Brunnenwasser, das viel organische Reste in fester Form, suspendirt enthält, ist der Boden für Wasserpilze, welche sich von solchen Ueberresten nähren. Von organischen Resten leben auch die carnivoren Infusorien (gewisse Amoeben, Paramecium Aurelia, Amphileptus Lamella, Oxytricha Pellionella, Epistylis spec., Chilodon Cucullulus, Euplotes Charon u. s. w.) ferner Anguillulae und das Räderthier Rotifer vulgaris, sowie gewisse Tardigraden und Milben.

3. Brunnenwasser, das organische Stoffe in grosser Quantität gelöst enthält, beherbergt Schizomyceten aller Art und die meisten Infusoria flagellata: Bacterien (Zoogloea), Vibrionen, Spirillen, Monaden, Chilomonaden, Cryptomonaden, u. s. w., gewisse Amoeben, Peranema trichophorum, auch wenige grössere bewimperte Infusorien (Glaucoma scintillans, Vorticella infusionum, Colpoda Cucullus, Enchelys, Paramecium putrinum, Cyclidium Glaucoma, Leucophrys pyriformis).

Ein solches Wasser ist im Zustande der Fäulniss oder Gährung, die sich häufig durch übelen Geruch und Gasentwicklung bemerklich macht, — es sei als ungeniessbar zu erachten.

Eine ähnliche, auf biologischen Erfahrungen beruhende Klassifikation der Wässer in reine, verdächtige und ungeniessbare hat L. Hirt[14] in seiner Methode der mikroskopischen Trinkwasseruntersuchung gegeben, in welcher zunächst durch eine Untersuchung sofort nach der Entnahme der momentane Befund festgestellt und die Prüfung später,

nachdem das Wasser 2 bis 6 Tage gestanden hat, wiederholt wird, um die inzwischen aufgetretenen Vegetationen kennen zu lernen.

Die mikroskopische Analyse liefert auf diese Weise gewiss brauchbare Anhaltspunkte zur Qualificirung der Wässer im Dienste der Versorgung. Dagegen wäre es bei ätiologischen Beobachtungen voreilig, die erwähnten biologischen Merkmale von Verunreinigungen und von Fäulniss- oder Gährungsvorgängen als untrügliche Kriterien für das Vorhandensein von toxischen oder infektiösen Agentien im Wasser aufzufassen (vgl. S. 104 u. ff.).

O. Harz[9)] hat auf der Voraussetzung, dass die niederen Organismen im Wasser vorwiegend nur im Verhältniss zur Menge der assimilirbaren organischen Stoffe sich vermehren, eine Methode der Wasseruntersuchung begründet. Dieselbe besteht darin, dass man unter gewissen Cautelen der Reinkultur 200 ccm des zu prüfenden Wassers in eine $^1/_4$ l-Flasche einfüllt und wohlverschlossen etwa 4 Wochen belichtet stehen lässt, um alsdann aus der Menge und der Art der in dieser Zeit entwickelten Vegetationen den Werth des Wassers für den Versorgungszweck zu beurtheilen, beziehentlich durch laufende Beobachtungen greifbare Unterschiede im Verhalten des Wassers während Epidemieen und seuchefreien Zeiten aufzufinden.

C. von Nägeli[10)] wies darauf hin, dass derartige Verfahren ein brauchbares Resultat in ätiologischer Hinsicht nicht liefern können, zumal sich von den im Wasser enthaltenen, verschiedenartigen Keimen gewöhnlich, begünstigt vom Einflusse des Lichtes, nur harmlose grüne Algen entwickeln, welche auch keinen Maassstab für die organischen Stoffe im Wasser abgeben, da sie nicht von diesen sondern von Kohlensäure, Ammoniak, Phosphaten und Alkalien leben. Nur wenn man die Glasflaschen in einen dunklen Raum stellte oder steinerne, gut gedeckte Flaschen benützte, so dass die Algen wegen Lichtmangels sich nicht entwickelten, würde man eine Pilzvegetation erhalten, deren Menge von den organischen Nährstoffen abhängt, die indessen möglicher Weise doch in nichts anderem als humussaurem Ammoniak bestehen.

Chemische Analyse.

Die Prüfung des Wassers für die Versorgung ist in erster Reihe darauf gerichtet, zu entscheiden, ob und in welchem Maasse dasselbe neben seinen natürlichen Bestandtheilen noch andere enthält.

Wie aus den Seite 21 mitgetheilten Angaben von Reichardt über die Zusammensetzung des reinen Quellwassers aus verschiedenen geognostischen Formationen hervorgeht, unterscheiden sich die Wässer, auch wenn sie frei von verunreinigenden Beimengungen sind, von einander wesentlich in der chemischen Beschaffenheit. Schon im Hinblick auf diese von Natur aus bestehenden Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der reinen Quellwässer ist es nicht möglich, eine einheitliche Norm für den Gehalt an gelösten Bestandtheilen an-

zugeben, welche das Trink- oder Nutzwasser enthalten soll oder darf. Als Richtschnur für die Wahl der Bezugsquelle kann vielmehr nur die Beschaffenheit eines nachweislich von der Verunreinigung mit Abfällen und Schmutzwässern des Haushaltes noch nahezu verschonten Wassers des zu versorgenden Ortes beziehungsweise seiner Umgebung dienen. Da das Grundwasser in bewohntem Boden mit der Zeit entsprechend der Zunahme der Bevölkerungsdichtigkeit und der Ausbreitung der Wohnstätten mehr oder weniger verunreinigt wird, ist gewöhnlich das Wasser, welches als Muster gelten soll, in der umliegenden Gegend, ausserhalb des Wirkungsbereiches der Bewohnung und Bewirthschaftung aufzusuchen.

Wo ein normales Wasser des Ortes oder seiner Umgebung als Vergleichsobject nicht zur Hand ist, wird man für die Beurtheilung des analytischen Befundes das Ergebniss von Analysen eines reinen Wassers aus anderen Gegenden als Maassstab heranziehen müssen, welche ähnliche geognostische Verhältnisse haben. Manche haben sich in dieser Weise schon der Reichardt'schen Tabelle bedient, ohne zu berücksichtigen, dass die Angaben derselben Mittelwerthe aus Untersuchungen von reinem Gebirgsquellwasser darstellen.*) Wohl könnten dieselben für ein ideales Ziel der Wasserversorgung, jedoch nicht für die gewöhnlichen Verhältnisse als Normalzahlen gelten. Für dermaassen hohe Ansprüche an die Reinheit des Wassers liegt im Allgemeinen ebensowenig ein dringendes Bedürfniss vor, als man für die Luft in bewohnten Räumen den Kohlensäuregehalt der Luft im Freien als Grenzwerth annimmt.

Vorerst gebricht es noch in Deutschland an einer für den gedachten Zweck praktisch verwerthbaren Zusammenstellung des Ergebnisses von Analysen reiner Wässer, welche nach einheitlichen Methoden ausgeführt und sonach vergleichbar sind. Meines Erachtens würde es nicht nur im Interesse der Förderung unseres Wissens geschehen, sondern auch einem dringenden praktischen Bedürfnisse entsprechen, dass wir auf dem von Reichardt betretenen Wege weiter arbeiten und nach dem Beispiele der englischen Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung die Ermittelung der Eigenthümlichkeiten der Wässer, und nicht sowohl des Grundwassers sondern auch der anderen Bezugsquellen der Versorgung, möglichst zahlreichen Gegenden unseres Vaterlandes zu Theil werden lassen.

Früher war es üblich, sich bei der Prüfung und Begutachtung

---

*) „Keineswegs bedeuten dieselben die Grenzen für die örtlichen Verhältnisse" (E. Reichardt[13]), S. 31).

allgemein gültiger Grenzzahlen zu bedienen. So verlangte man nach Maassgabe der auf einem Brüsseler Sanitätscongress (1853) getroffenen Vereinbarung, dass das Trinkwasser mehr als 500 mg feste Bestandtheile (Trockenrückstand) nicht enthalten soll. Ein Blick auf Reichardt's Tabelle lehrt, wie leicht allgemeine Grenzzahlen uns irreleiten können:

Würde man sich z. B. an die genannte Zulässigkeitsgrenze für den Trockenrückstand überall halten, so dürfte in einer Gemeinde, deren Versorgungsgebiet der Formation des Muschelkalks angehört und das reine Gebirgsquellwasser schon mit 325 mg i. l Rückstand liefert, das Wasser nur gegen 170 mg fremde feste Bestandtheile führen, dagegen das Wasser eines in der Granitformation gelegenen Ortes, das im reinen Zustand gegen 25 mg Rückstand hat, nahezu 470 mg i. l Verunreinigung zeigen, ohne gegen die Vorschrift zu verstossen.

Das dem Grenzwerth entsprechende Wasser würde in einem Falle ein verhältnissmässig reines, im andern ein fast zur Jauche gewordenes sein können. Ein grosser Fehler dieses Grenzwerthes liegt überdies darin, dass den zahlreichen, in hygienischer Beziehung höchst ungleichartigen Componenten der Rückstandsmenge hier eine gemeinsame Bedeutung in Hinsicht der Salubrität des Wassers beigelegt wird.

Vor anderen allgemeinen Grenzzahlen (z. B. für Chlor 8,0 mg, für Salpetersäure 4,0 mg i. l) hatte übrigens die für die Rückstandsmenge angegebene wenigstens den Vorzug, dass sie keine unbillige Forderung enthielt.

Wohl ist es über 10 Jahre her, dass sich in der Hygiene die Ueberzeugung von der Unbrauchbarkeit solcher Grenzwerthe Bahn gebrochen hat. Nichtsdestoweniger darf ich dieselben noch nicht als einen ganz und gar überwundenen Standpunkt der Analytiker bezeichnen, von welchem manche nicht früher der alten allgemeinen Vergleichswerthe glauben entrathen zu können, als neue zum wenigsten in der oben gedachten Charakteristik der normalen Wässer verschiedener Gegenden dargeboten sind.

Der Einsicht für die Unmöglichkeit, an manchen Orten die Kosten zur Beschaffung eines besseren Wassers aufzubringen, ist es vorwiegend zu verdanken, dass man anfing, bei Aufstellung des Programms für neue Versorgungen und bei Beurtheilung der bisherigen Bezugsquellen den lokalen Verhältnissen Rechnung zu tragen. Diese praktischen Rücksichten fanden eine Berechtigung in der Thatsache, dass ein solches Zugeständniss, solange es sich innerhalb bescheidener Grenzen hält, nicht zu Gefahren für die Gesundheit führt.

Bei Feststellung der Qualität wird aber nicht allein die Menge sondern auch die Art der zufälligen oder accessorischen Bestandtheile in Betracht zu ziehen sein, da es viele Beimengungen gibt, die an sich

indifferent sind. Schon die von Port und Flügge erhärtete Thatsache, dass in den statistischen Erhebungen die Typhussterblichkeit nicht mit der Verunreinigung des Wassers correspondirt sondern sogar entgegengesetzte Schwankungen zeigen kann, warnt mit Entschiedenheit davor, den unreinen Zustand des Wassers als gleichbedeutend mit Schädlichkeit zu erachten. Zumal bei einer Fragestellung, welche auf den Nachweis einer im Wasser vermutheten Gesundheitsschädlichkeit gerichtet ist, muss man sich darüber klar sein, dass ein Wasser, wenngleich es durch die chemische Analyse schlecht befunden wird, frei sein kann von Krankheitskeimen oder sonstigen Schädlichkeiten, und dass auf der anderen Seite ein scheinbar reines Wasser, trotz des negativen Befundes vielleicht doch einen krankmachenden Stoff oder eine Hilfsursache der Krankheit in sich schliesst, für deren Nachweis die Untersuchungtechnik noch nicht vorgebildet ist.

Unter den Krankheiten, deren Entstehung man dem Genusse oder dem Gebrauche eines schlechten Wassers zuschreibt, sind eigentlich nur wenige, bei welchen die Erkenntniss der Aetiologie dem Analytiker eine bestimmte Richtung für das Aufsuchen des Krankheitserregers selbst oder einer Hilfsursache vorgezeichnet hat; denn mit Ausnahme der bisweilen im Wasser als zufällige Beimengungen beobachteten mineralischen Gifte und der Eier oder Jugendzustände von Entozoen sowie der arzneiartig wirkenden mineralischen Körper, welche nach Art der Mineralwasser-Bestandtheile zur natürlichen Beschaffenheit mancher Wässer gehören können, sind doch die ätiologischen Beziehungen des Wassers noch so wenig geklärt, dass man höchstens in vermuthender Weise einen oder den anderen Bestandtheil desselben für die Entstehung von Krankheiten verantwortlich machen darf.

Es muss sonach unbedingt zu Fehlschlüssen führen, wenn man die Thatsache, dass der Befund am verdächtigen Wasser einen oder mehrere der Werthe, welche die Analyse eines vergleichbaren, normalen Wassers ergeben hat, überschreitet, schon als einen Beweis dafür gelten lassen wollte, dass dasselbe die in ihm vermuthete Schädlichkeit wirklich enthält.

Der Mangel einer näheren Kennzeichnung der im Wasser vermutheten, gesundheitsschädlichen Stoffe zwingt derzeit noch dazu, für deren Vorhandensein auf indirektem Wege Beweise oder richtiger Verdachtsmomente, zu suchen, indem man auf gewisse Bestandtheile, welche zum Theil auf Grund von Hypothesen eine symptomatische Bedeutung erlangt haben, das Augenmerk richtet:

In der Voraussetzung, dass die Krankheitsstoffe, welche vom

Menschen kommen, in Begleitung von Unrath aus seiner Umgebung den Weg zum Wasser finden, bestimmt man den Gehalt an Chlor, Schwefelsäure, Kalk, Magnesia sowie an Alkalien; dieselben finden sich zwar im reinen Wasser als natürliche Bestandtheile an sich schon vor, erleiden aber erfahrungsgemäss eine Vermehrung, wenn ein direkter Zufluss von Abfallstoffen des menschlichen Haushaltes stattfindet oder wenn der Boden, den das Wasser durchsickert, mit einer solchen Stadtlauge durchtränkt ist.

Chloride und Phosphate der Alkalien (Kali und Natron) und Phosphate der alkalischen Erden (Kalk und Magnesia) können aus menschlichen und thierischen Excrementen — Alkalisalze und Magnesiumphosphat vorzugsweise aus dem Harn — in's Wasser gelangt sein. Im Harn des Pflanzenfressers herrscht entsprechend dem Alkaligehalt der Nahrung das Kali, im Harn des Fleischfressers das Natron vor. Kalisalze im Wasser entstammen aber mitunter auch der Asche von Brennstoffen oder faulendem Fleisch, Natronsalze und insbesondere Kochsalz Küchenabfällen und gewerblichen Abwässern.

Der Chlorgehalt des Wassers ist zuweilen durch eine Verunreinigung seitens gewerblicher Anlagen, namentlich der Chlorkalk- und Soda-Industrie bedingt. An Orten in der Nähe des Meeres treten im Grundwasser Chloride in Folge einer Beimengung von Meerwasser auf.

Da der Boden die Chloride nicht oder nur in geringem Maasse bindet, kann ein Grundwasser sehr wohl den Läuterungsprocess mit Erfolg bestanden haben, ohne dabei seinen Chlorgehalt zu verlieren. Aus diesen Gründen ist es rathsam, bei Beurtheilung der Qualität eines Wassers auch nach anderen Merkmalen der Verunreinigung zu fragen.

Auf die organischen Stoffe ist die Untersuchung zumeist im Glauben gerichtet, dass sie dem Wasser die Eigenschaft eines Nährbodens zur Entwicklung und Fortpflanzung von pathogenen Organismen verleihen. Ueberdies gelten dieselben noch im Sinne der vorgenannten Gruppe von Körpern als Merkmal der Verunreinigung mit animalischen und vegetabilischen Abfallstoffen und beanspruchen Interesse in Anbetracht der Vermuthung, dass sie durch Zersetzungsvorgänge unter Mitwirkung von indifferenten Schizophyten toxisch wirkende Stoffe bilden.

Als Symptome der fauligen Zersetzung betrachtet man das Auftreten von Ammoniak und salpetriger Säure, die Zunahme des Gehaltes an Salpetersäure und Kohlensäure, die Abnahme des Sauerstoffs.

Ueber die Grundlagen dieser Kriterien habe ich im vorigen Capitel schon in motivirter Darlegung die Meinung entwickelt, dass dieselben nachweislich noch auf schwachen Füssen stehen. Man darf meines Erachtens den genannten Bestandtheilen eine solche symptomatische Bedeutung nur in beschränktem Maasse zuerkennen, und

ist es umsomehr angezeigt, sich derselben mit Vorsicht zu bedienen, weil das Ergebniss der vergleichenden Analyse nicht immer mit Sicherheit erkennen lässt, inwieweit der Befund am verdächtigen Wasser als eine fremdartige Erscheinung im gedachten Sinne zu gelten hat: Die Schwankungen in der Zusammensetzung beruhen auf complicirten Verhältnissen, so dass das Auftreten neuer Bestandtheile oder die Vermehrung der vorhandenen (beziehentlich die Abnahme des Sauerstoffs) nicht ohne Weiteres als eine Aeusserung der von Seiten des Menschen, der Thiere und Pflanzen erfolgenden Verunreinigung und von Zersetzungsvorgängen aufgefasst werden kann.

An die erwähnten Gesichtspunkte für die indirekte Begründung des pathogenen Charakters eines Wassers reiht sich gemäss unseren früheren Erörterungen die Hypothese an, dass in der Beschaffenheit des Grundwassers, besonders in seinem Gehalte an leicht zersetzlichen organischen Stoffen und an deren Zersetzungsprodukten, ein Zeichen der lokalen Disposition für Cholera und Typhus gegeben sei. Wir wissen besonders durch die Untersuchungen C. Flügge's, dass die Durchtränkung des Bodens mit Abfallstoffen, in welcher man das lokale Substrat für die gedeihliche Entwicklung des Cholera- und Typhuskeimes vermuthet, ein verlässliches Maass in der Beschaffenheit des Grundwassers oft nicht findet, weil die letztere nicht sowohl von der Menge der dem Boden überantworteten Abfallstoffe als vielmehr von den Einflüssen einer grösseren Anzahl von Faktoren abhängig ist. Gewisse physikalische Eigenschaften des Bodens, welche man mit der grössten Wahrscheinlichkeit zu den örtlichen Hilfsursachen der Entstehung dieser Krankheiten rechnet, tragen sogar wesentlich dazu bei, dass das Wasser nicht in dem Grade verunreinigt gefunden wird, als nach Maassgabe des dem Boden zufliessenden Imprägnirungsmaterials und im Sinne der Lehre von der hygienischen Bedeutung der Bodenverunreinigung zu erwarten wäre. Aber selbst wenn das Wasser uns ein getreues Bild der Bodendurchtränkung darböte, würde aus dem stärkeren Gehalte an organischen Körpern doch nicht der Schluss erlaubt sein, dass der Boden „siechhaft“ sei, insolange uns die Erkenntniss der erforderlichen Beschaffenheit und Concentration des hypothetischen Nährsubstrats fehlt.

In dieser Hinsicht ist folgende Aeusserung v. Pettenkofer's (Vortrag im Aerztl. Verein z. München am 28. April 1880) bemerkenswerth: „Ich habe z. B. nichts dagegen, einen disponirten Boden, auf welchem Epidemieen gedeihen, einen siechhaften zu nennen, im Gegentheile, der Ausdruck gefällt mir gut, — aber es sind doch erst die Bedingungen zu ermitteln, unter welchen ein Boden siechhaft und siechfrei ist. Wenn dabei auch die Spaltpilze die Hauptrolle spielen, so ist ihre Gegenwart

allein doch nicht das Entscheidende, denn Spaltpilze finden sich in jedem Boden und in jedem Hause, nicht blos auf Choleraboden und in Cholerahäusern, es müssen daher entweder besondere Spaltpilze oder besonders modificirte sein. Wenn die Ursache in einer gewissen Accomodation der Spaltpilze an ihre Umgebung, so zu sagen an verschiedene Nährlösungen liegt, so müssen diese Bedingungen im Boden, im Hause aufgesucht und klar gelegt werden. Für den Cholerakeim muss gefunden werden, was sein lokales Substrat, seine Nährlösung oder sein Wirth ist, und das lässt sich sogar früher finden, wenn der specifische Cholerakeim uns auch noch länger unbekannt bleiben sollte, gleichwie man den Zucker im Traubenmoste, in der Bierwürze früher als nothwendiges Substrat für die alkoholische Gährung gefunden hat, ehe man die Rolle des Hefepilzes erkannte."

Auch trage ich Bedenken, den Gehalt des Grundwassers an Sauerstoff und an jenen Bestandtheilen, welche in Folge des Zerfalls der organischen Stoffe im Boden eine Vermehrung erfahren, als einen Fingerzeig dafür anzusehen, dass der Boden nicht mehr ein „siechfreier", d. h. ein unter allen Umständen unschädlicher sei. Die ätiologische Forschung ist heutigen Tages uns noch die Entscheidung schuldig, ob die Zersetzungsprocesse zur Entstehung von Typhus oder Cholera in irgend einer Beziehung stehen oder ob dieselben nicht im Gegentheil der angenommenen Entwicklung des Krankheitskeimes im Boden geradezu ungünstig sind. Die Verwerthung der fraglichen Kriterien setzt überdies von Fall zu Fall den Nachweis voraus, dass die Aenderung in der Beschaffenheit des Wassers thatsächlich die Folge von fermentativen Vorgängen ist.

Ueber die Intensität und Entwicklungsstufe der Zersetzung kann die Analyse keinen Aufschluss erbringen, weil der Befund nicht sowohl durch die Grösse und das Stadium des Zerfalls als auch durch das Maass, in welchem der Boden die Zersetzungsprodukte in das Wasser übertreten lässt, bedingt ist. Beide Vorgänge stehen unter dem Einflusse mehrerer, zum Theil wechselnder Bedingungen, auch hierbei spielt die physikalische Beschaffenheit des Bodens, besonders die Durchlässigkeit, der Luftwechsel und die Durchfeuchtung, eine hervorragende Rolle und sind nicht selten gerade die als örtliche Hilfsursachen angesehenen Bodeneigenthümlichkeiten im Stande, dem Auftreten von salpetriger Säure und Ammoniak entgegenzuwirken, von welchen schon Spuren im Wasser als ein Merkmal der örtlichen Disposition erachtet werden. Als eine Mahnung zur Vorsicht bei der Wahl eines Wassers für die Versorgung darf man dieselben immerhin gelten lassen, aber die ätiologische Beweiskraft ist ihnen vorerst abzusprechen, weil die Voraussetzung keineswegs zutrifft, dass die Brunnenwässer aus Seucheherden durch diese Bestandtheile vor den Wässern aus immunem Boden sich regel-

mässig auszeichnen, und vielmehr weder qualitativ noch quantitativ eine Gesetzmässigkeit in dieser Hinsicht hervorgetreten ist.

Die örtlichen Verhältnisse der Bezugsquellen.

Von der Annahme ausgehend, dass das Wasser hauptsächlich durch eine direkte oder indirekte Berührung mit dem Menschen Schädlichkeiten aufnimmt, kommt man — unter gleichzeitiger Berücksichtigung des günstigen Einflusses, den die natürlichen Reinigungsvorgänge auf die Qualität des Wassers ausüben — zu dem Gedanken, die Herkunft des Wassers beziehentlich die Abstammung seiner Verunreinigung als ein Kriterium der Schädlichkeit oder Unschädlichkeit zu betrachten. Aus Erwägungen dieser Art ergibt sich für die Wahl der Bezugsquelle eine Richtschnur, indem sie es räthlich erscheinen lassen, das Trink- und Nutzwasser möglichst fern von den auf der Erdoberfläche obwaltenden, verunreinigenden Einflüssen dort zu suchen, wo es auf seinen Wegen nur gewinnen kann.

Die englische Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung hat in dieser Hinsicht folgende Klassification aufgestellt:

zuträglich	1. Quellwasser	vortrefflichen Geschmacks.
	2. Tiefbrunnenwasser	
	3. Bergland-Tagewasser	ziemlich guten Geschmacks.
verdächtig	4. Regenwasser	
	5. Tagewasser von kultivirtem Land	
gefährlich	6. Flusswasser mit Sielwasser verunreinigt	guten Geschmacks.
	7. Flachbrunnenwasser	

Dieses Eintheilungsprincip basirt auf der Voraussetzung, dass Cholera, Typhus, Durchfall und Ruhr durch die Excrete der mit diesen Krankheiten behafteten Personen verbreitet werden und dass die inficirten Auswurfstoffe auf drei Wegen in das Trinkwasser gelangen: 1. durch Einleitung des Sielwassers in Bäche und Flüsse, 2. durch Einsickern des flüssigen Inhalts von Sielen, Kloaken und Senkgruben in das Grundwasser, 3. durch die Verwendung der Excrete als Dünger für kultivirtes Land, dessen Abläufe mit dem für häusliche Zwecke bestimmten Wasser in Berührung kommen. Im Weiteren sind demselben Erfahrungen über die Ergiebigkeit der Reinigungsvorgänge in der Natur zu Grunde gelegt.

So lange einer derartigen Klassificirung nur die Bedeutung eines Versorgungsprogrammes beigelegt wird, hat sie vollen Anspruch auf unsere Anerkennung. Man hat sich jedoch darauf nicht beschränkt, vielmehr auch in ätiologischen Streitfragen die Herkunft, wenn nicht als einen vollgültigen Beweisgrund, so doch als ein gewichtiges Verdachtsmoment herangezogen.

Ich kann nicht rathen, dem Ursprung des Wassers, beziehentlich der Abstammung seiner Verunreinigung vom menschlichen Haushalte, bei Entscheidung über die Gesundheitsschädlichkeit in streiti-

gen Fällen ein grosses Gewicht beizulegen. Die tägliche Erfahrung lehrt uns, dass der Genuss und Gebrauch von Wässern, welche die englische Klassification als verdächtig oder gefährlich bezeichnet, nicht unbedingt Schaden bringen, sondern dass vielmehr eine sehr grosse Anzahl von Gemeinden dabei ohne nachweisbare Beeinträchtigung der Gesundheit ihrer Bewohner bestehen können.

Es würde zu weit gehen, wenn man behaupten wollte, dass Alles, was vom Menschen oder vom Thiere ins Wasser kommt, schädlich ist; es sind doch wohl zunächst nur die Provenienzen der mit gewissen Krankkeiten Behafteten als verdächtig oder gefährlich zu bezeichnen. Das Auftreten von noch nicht mineralisirten Kloakenstoffen im Wasser ist z. B. in meinen Augen ein Warnungszeichen, auf Grund dessen man den Gebrauch des Wassers zu widerrathen hat, aber im Falle einer Anschuldigung sollte man in demselben noch keinen Beweis der Schädlichkeit sondern höchstens ein bedingungsweise zulässiges Verdachtsmoment erblicken.

Bei der Versorgung mit Grundwasser verdient noch als ein für das Aufsuchen der Bezugsstelle werthvoller Gesichtspunkt die Geschwindigkeit und Richtung der Strömung im unterirdischen Wasserbecken alle Beachtung. Unbedingt ist die Entnahme des Wassers aus stagnirenden, teichartigen Ansammlungen nach Möglichkeit zu vermeiden, weil in diesen die dem Boden zufliessenden Verunreinigungen lange zurückgehalten und gleichsam aufgespeichert werden. Der Grundwasserstrom ist aber oberhalb der einer Imprägnirung ausgesetzten Stellen der Erdoberfläche zu erschliessen.

Von hervorragender Bedeutung für die Wasserversorgung ist noch die Frage, ob eine als brauchbar erkannte Bezugsquelle auch ihre Reinheit für spätere Zeiten bewahren wird. Nicht die Analyse sondern die Beachtung der örtlichen Verhältnisse wird hier die Grundlage zur Beurtheilung ergeben: Man sucht für die Beständigkeit der Qualität darin eine Gewähr, dass nach menschlicher Berechnung die Bezugsstelle voraussichtlich nicht durch die mit der Zeit zu erwartende Ausdehnung des Verbrauchsortes, durch Ansiedelung oder durch landwirthschaftliche Bearbeitung oder industrielle Benutzung des Bodens in ihrer Reinlichkeit beeinträchtigt werden wird.

Die ätiologische Beobachtung.

Die epidemiologische Forschung ist theils bestrebt, durch Erhebungen über die Art des Auftretens und der Verbreitung der Krankheiten vorerst nur die Träger und Vermittler der krankheiterregenden Potenz, des sog. Contagiums oder Miasmas, ausfindig zu machen und die Bedingungen zu ermitteln, unter welchen der Krankheitskeim sich entwickelt und seinen Angriff auf den Menschen aus-

übt, theils zielt dieselbe direkt auf die Erkenntniss des Infektionserregers ab.

Es bedient sich die indirekte Forschungsmethode sowohl der historisch-geographischen als auch der lokalisirenden Beobachtung. Die letztere Richtung sucht durch systematische Erhebungen und experimentelle Untersuchungen am Seuchenorte in der Umgebung und den äusseren Lebensbedingungen des Menschen nach ätiologischen Beziehungen zu den Erkrankungsvorkommnissen und richtet auf die vom Boden und Wasser etwa ausgehenden örtlichen und zeitlichen Hilfsursachen laufende Beobachtungen der Niveauschwankungen und der Veränderungen in der Beschaffenheit des Grundwassers, welche ebensowohl in der seuchefreien Zeit als während des Herrschens der Krankheit angestellt werden.

Der chemische Theil dieser Wasseruntersuchungen muss sich auf gewisse, scheinbar charakteristische Bestandtheile beschränken, sowohl weil es überhaupt keine vollständig erschöpfende Analyse gibt, welche auf alle erdenklichen, hier vielleicht doch belangreichen Beimengungen des Wassers achtet, als auch weil für derartige fortgesetzte Beobachtungen selbst der bisher übliche, einfache Untersuchungsgang noch zu zeitraubend wäre. Für dieselben eignet sich am besten die Bestimmung des Chlors, übrigens kann die Vermehrung der Chloride, weil der Boden Chlor nur wenig oder nicht zurückhält, lediglich im Allgemeinen den Zufluss einer gewissen Art von Verunreinigungen zum Boden oder Wasser verrathen, ohne damit zugleich eine am Orte der Entnahme stattgehabte lokale Einwirkung zu kennzeichnen.

Diese laufenden Beobachtungen der Zusammensetzung sind vorzüglich geeignet, zugleich eine Controle der Bezugsquellen der Versorgung in Hinsicht der Reinheit und Güte des Wassers abzugeben.

Der hier eingeschlagene Weg hat ohne Zweifel grosse Vorzüge gegenüber der früheren Beobachtungsweise, bei welcher das Wasser eines Brunnens erst dann untersucht wurde, nachdem es durch das Auftreten von Erkrankungen im Versorgungsbereich desselben verdächtig geworden war. So sehr aber auch diese indirekte Richtung der epidemiologischen Forschung sich im Auffinden von äusseren Bedingungen (Hilfsursachen) für die Entstehung und Verbreitung von Cholera und Typhus erfolgreich gezeigt hat, stellt sie, wie es scheint, doch kein abschliessendes Urtheil über die ätiologische Bedeutung des Wassers in Aussicht, bevor nicht der Krankheitserreger selbst in seiner wahren Natur erkannt ist.

Früher hoffte man durch laufende mikroskopische Untersuchungen des Wassers einen Aufschluss über das Vorkommen pathogener Mikroorganismen in der Voraussetzung zu gewinnen, dass beim Ausbruch von Seuchen, welche mit dem Wasser eine genetische Beziehung haben, charakteristische niedere Lebewesen auftreten, die in seuchefreien Zeiten gar nicht oder nur vereinzelt im Wasser vorkommen. Insolange jedoch die Beobachtung nicht auf eine bestimmte, als pathogen verdächtige Gruppe der Süsswasserbewohner sich beschränkt, verspricht diese Richtung von vornherein nur wenig Erfolg, in Anbetracht der fast zahllosen, verschiedenen und zum Theil doch wieder sehr ähnlichen Lebensformen, welche sich dem Auge des Beobachters darbieten können. In der That ist aus derartigen Untersuchungen auch noch nie ein erspriessliches Beobachtungsmaterial für die Annahme einer ätiologischen Rolle des Wassers hervorgegangen, noch weniger haben Erhebungen, welche nur während des Herrschens einer Seuche ausgeführt worden sind, zu geeigneten Aufschlüssen geführt.

So war das von F. Cohn (l. c. S. 116) in Breslau beobachtete massenweise Auftreten von beweglichen Bacterien und Zoogloeagallerte in den Brunnen der von der Cholera stark inficirten Häuser wohl ein interessanter Befund, der zu laufenden Beobachtungen hätte anregen können, aber noch keine beweiskräftige Thatsache für die Annahme einer Beziehung zwischen Schizophyten und Cholera.

Nachdem einmal durch die Fortschritte der mykologischen Forschung mehr und mehr der Verdacht begründet ist, dass die Infektionskrankheiten in Mehrzahl Bacterienkrankheiten sind, darf man sich dazu angeregt fühlen, die Schizophyten, welche im Wasser gefunden werden, nicht mehr lediglich nach ihrer symptomatischen Bedeutung in Hinsicht fermentativer Vorgänge zu fragen. Aber es warnt die wiederholt berührte Thatsache, dass Spaltpilze zu den regelmässigen Befunden der Wasseruntersuchung zu rechnen sind, allen Ernstes vor einem übertriebenen Eifer.

Man muss sich darüber klar sein, dass es unter den verschiedenen Gattungen von Schizophyten*) beziehentlich deren einzelnen Arten (Formen oder Varietäten?) auch vollständig indifferente gibt, mit deren Verimpfung keinerlei infektiöse Wirkungen oder eine sonstige Störung des Wohlbefindens erzielt wird. Es gilt dies insbesondere für die Erreger der verschiedenen, gewöhnlich als „Fäulniss" zusammengefassten, gährungsartigen Vorgänge; denn die Erfahrungen des täglichen Lebens sprechen noch keinesfalls dafür, dass die An-

---

*) Micrococcus, Bacterium, Bacillus, Vibrio, Spirillum, Spirochaete (F. Cohn).

nahme einer pathogenen Bedeutung der Fäulnissorganismen oder Faulstoffe im Trinkwasser begründet ist.

Die Pathologie wird es als ihre erste Aufgabe ansehen müssen, dass sie die morphologischen und biologischen Verhältnisse derjenigen Mikroorganismen erforscht, welche dem Beobachter bei der Untersuchung von Organen und Auswurfstoffen des kranken Körpers als ein mehr oder weniger regelmässiger Befund entgegentreten, um zunächst festzustellen, ob dieselben in einem ursächlichen Zusammenhange mit der Krankheit stehen. Wenn sich dabei bestimmte, von anderen wohl unterscheidbare Formen als pathogen erweisen, wäre für die mykologische Prüfung des Wassers die erforderliche sichere Grundlage gefunden. In nächster Reihe hat man die in der Umgebung des Menschen in der Luft, im Wasser und im Boden sich vorfindenden Arten von niederen Lebewesen, und besonders die von der Pathologie schon als verdächtig bezeichneten, in einem durch Reinkulturen isolirten Zustande auf pathogene Eigenschaften mittelst des Infektionsversuches zu prüfen und in ihrem Verhalten unter verschiedenen Lebensbedingungen fortgesetzt zu beobachten.

Diese induktive Richtung der Forschung wird sich gewiss mit der Zeit als fruchtbringend erweisen. Uebrigens ist bei allen derartigen Untersuchungen, wenn die Verimpfung des fraglichen Mikroorganismus den Verdacht auf pathogene Eigenschaften nicht bestätigt, wohl zu erwägen, dass das negative Resultat einer grossen Anzahl von selbst auf viele Thierarten ausgedehnten Versuchen eine absolute Sicherheit in der Annahme der Unschädlichkeit noch nicht gewinnen lässt, weil bekanntermaassen die Empfänglichkeit für die Infektionsstoffe sowohl je nach Species als auch je nach Individuen Unterschiede zeigt und es Krankheiten des Menschen gibt, von welchen man bis auf den heutigen Tag noch nicht weiss, ob sie auf Thiere übertragbar sind.

Die Verfahren der Untersuchung.

I. Vorbemerkungen.

Schon die Entnahme einer Wasserprobe verlangt die Beachtung gewisser Cautelen, ohne welche selbst das Ergebniss der sorgfältigsten Analyse illusorisch werden müsste. Zur Ueberführung der Wasserprobe ins Laboratorium bedient man sich am besten einer reinen, weissen Glasflasche mit Glasstöpsel oder paraffinirtem Korkstöpsel, welche vorsichtshalber an Ort und Stelle vor dem Einfüllen nochmals mit dem zu untersuchenden Wasser auszuspülen ist. Je

nach Art der in Frage stehenden Bezugsquelle kann die Entnahme direkt oder mit Hilfe eines Schöpfgefässes geschehen.

Um Verwechslungen vorzubeugen, ist es geboten, die Flasche durch eine Etiquette oder besser durch eine Marke mit dem Schreibdiamanten zu kennzeichnen.

Mitunter verlangt die Fragestellung noch besondere Rücksichten bei der Entnahme. Beim Nachweis einer Beeinflussung durch das Leitungsmaterial ist es angezeigt, das Wasser zu entnehmen, nachdem es eine Zeit lang in der Röhre gestanden hat, dagegen wird man in anderen Fällen der Prüfung das Wasser aus Pumpbrunnen oder Leitungen vor dem Entnehmen erst einige Zeit ausfliessen lassen, um die Probe möglichst frisch zu bekommen. Ein anderes Mal ist es wichtig, zu beachten, dass die Zusammensetzung und die physikalische Beschaffenheit variirt je nach der Schicht und nach der Stelle, wo das Schöpfen stattfindet; es wird z. B., wenn die auf der Wasseroberfläche schwimmenden Theile mit bestimmt werden sollen, wie bei der Flussverunreinigungsfrage, rathsam sein, sich nicht nur eines sehr weiten Schöpfgefässes zu bedienen sondern auch Durchschnittsproben herzustellen.

Für alle Fälle ist bei der Entnahme mit Vorsicht das Aufrühren der Niederschläge an der Brunnensohle oder am Bette offener Wasseransammlungen zu verhüten.

Im Sinne meiner früheren Darlegungen ist die hygienische Analyse des Wassers vorwiegend eine quantitative. Die Menge der Wasserprobe soll daher nicht unter 2 Liter betragen.

Wegen der zeitlichen Schwankungen in der Beschaffenheit des Wassers ist es eine Bedingung der vergleichenden Prüfung, dass die Entnahme der Wasserproben nicht zu verschiedenen Zeiten erfolgt. Für die Beurtheilung des Werthes eines zum Versorgungszweck bestimmten Wassers ist es unbedingt erforderlich, dass die Prüfung in verschiedenen Jahreszeiten stattfinde. Es gilt als eine Bedingung der Güte, dass die Temperatur und die Zusammensetzung keine grossen Schwankungen zeigen.

Da die entnommene Wasserprobe beim Stehenlassen Veränderungen erfährt, was namentlich auch, für den Gehalt an Mikroorganismen gilt, ist es nicht unwesentlich, dass der Analytiker den Zeitpunkt für die Ausführung der einzelnen Untersuchungsabschnitte möglichst gleichmässig wählt und wenigstens bei Abweichungen von den üblichen Verhältnissen in seinem Berichte angibt, auf welche Zeit nach der Entnahme der Befund sich bezieht.

Selbstverständlich müssen die in der Analyse anzuwendenden Chemikalien vollkommen rein und zumal frei von dem Bestandtheile sein, auf den man prüfen will. Man hat daher unbedingt sich selbst von deren Reinheit zu überzeugen, da häufig auch die

sogenannten reinen Präparate und das destillirte Wasser Verunreinigungen enthalten.

Bei manchen analytischen Verfahren z. B. den colorimetrischen Methoden, ist man genöthigt, das zu untersuchende Wasser mit destillirtem Wasser zu verdünnen. Jedoch ist uns dabei eine Schranke in dem Umstande gezogen, dass selbst unbedeutende Beobachtungsfehler mit zunehmender Verdünnung mehr und mehr ins Gewicht fallen, weil sie mit dem Verdünnungscoëfficienten multiplicirt werden. In dieser Hinsicht ist es rathsam, eine stärkere Verdünnung als 1 : 10, wo möglich, zu vermeiden.

Bei den maassanalytischen Endreaktionen muss man sich daran gewöhnen, möglichst bis zum gleichen Farbenton jeweils zu titriren. Man kann zumeist diese Bedingung durch Anwendung einer gefärbten Vergleichsprobe sich wesentlich erleichtern, welche unter gleichen Verhältnissen, anstatt aus dem zu prüfenden, aus destillirtem Wasser und dem Indicator bereitet und mit einem Tröpfchen der Probeflüssigkeit versetzt ist.

Bevor man die Zahlenergebnisse von Wasseruntersuchungen anderer Beobachter verwerthet, ist nach den Verfahren zu fragen, durch welche dieselben gewonnen sind, denn es sind eigentlich nur solche Zahlen vergleichbar, welche mit der nämlichen Methode gefunden worden sind: Die Analyse ergibt nur relative, keine absoluten Werthe. Die Verschiedenheit der Verfahren, welche die Analytiker bei ihren Untersuchungen zur Bestimmung eines Wasserbestandtheils, z. B. der Salpetersäure, anwenden, bringt es mit sich, dass die Angaben für ein und dasselbe Wasser mitunter weitauseinandergehen. Selbst das nämliche Verfahren kann in Folge anscheinend geringfügiger Modificationen in der Ausführung ungleiche Versuchszahlen ergeben.

Wiederholt ist schon auf das Bedürfniss hingewiesen worden, dass man sich im Interesse der Vergleichbarkeit der Beobachtungsangaben über die Wahl der analytischen Methoden einige, wie dies nunmehr seitens der englischen society of public analysts geschehen ist.[11] Auch ich erachte es für sehr wünschenswerth, dass Schritte in dieser Hinsicht geschehen, bin indessen mit C. Flügge der Meinung, dass durch eine Gleichmässigkeit des Verfahrens nicht auch die Angaben des Gehaltes an organischen Stoffen und festen Bestandtheilen wesentlich an Bedeutung gewinnen werden, weil in dieser Weise nicht der Fehler zu begleichen ist, dass sie das Ergebniss von Collectivbestimmungen für eine überaus grosse Zahl von Körpern mit sehr ungleicher hygienischer Valenz ausdrücken.

In Hinsicht der Schreibweise, in welcher das Ergebniss der quantitativen chemischen Analyse mitgetheilt wird, vermissen wir

ebenfalls noch die Gleichmässigkeit. In älteren Angaben liest man den Befund auf 10 000 Theile, d. i. die Bestandtheile in mg auf 10 000 mg oder 10 ccm Wasser, ausgedrückt: heutzutage ist es üblich, entweder auf 100 000 Theile (d. i. in mg auf 100 ccm Wasser) oder auf 1 000 000 Theile (d. i. in mg auf 1 l oder in g auf 1 cbm Wasser) zu berechnen und wird die Schreibweise nach Milligramm im Liter in hygienischen Arbeiten zur Zeit mit Recht bevorzugt.

Nahezu allgemein im In- und Auslande dient das Gramm als Gewichtseinheit für die Berechnung, nur die englischen Analytiker geben den Befund in Grain pro Gallon (d. i. im Verhältniss von 1 : 70 000) an; 1 Grain = 0,0648 g, 1 Gallon = 4,543 l.

Die Härte eines Wassers, welche eine summarische Bezeichnung für den Gehalt an Kalk und Magnesia ist, wird in Härtegraden angegeben, die im Auslande eine andere Bedeutung haben wie bei uns. Der deutsche Härtegrad entspricht 1 Theil Calciumoxyd in 100 000 Theilen Wasser, der französische 1 Theil Calciumcarbonat in 100 000 Theilen Wasser, der englische 1 Grain Calciumcarbonat in 1 Gallon Wasser. Es ist sonach 1 deutscher Härtegrad = 1,79 französischen = 1,25 englischen Härtegraden (vgl. S. 19).

Die Wasseranalysen der englischen Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung enthalten unter der Bezeichnung „frühere Verunreinigung“ eine Zahlenangabe, welche für uns nur durch einen Einblick in die Art ihrer Berechnung verständlich wird: Wenn man von der Summe des in Form von Ammoniak, Nitriten und Nitraten im Wasser sich vorfindenden Stickstoffes die Stickstoffmenge in Abzug bringt, welche das Regenwasser im Durchschnitte den Wasseransammlungen auf der Oberfläche und im Schoosse der Erde zuführt, lassen die reinen Gebirgswässer keinen Rest an Stickstoff in der Rechnung zurück. Das Mehr an Stickstoff, welches unreine Wässer zeigen, wird in der Voraussetzung, dass es von einer Verunreinigung mit thierischen Abfallstoffen oder städtischen Abwässern stamme, in einem Zahlenwerthe angegeben, welcher das Verhältniss dieses Stickstoffzuwachses zu dem Stickstoffgehalt des Londoner Sielwassers ausdrückt.[12]

Nach Analysen von E. Frankland enthält das Regenwasser im Liter bis 0,47 mg Stickstoff, im Mittel 0,32 mg. A. W. Hofmann und H. M. Witt fanden im Jahre 1857 den Stickstoffgehalt des Londoner Sielwassers zu 83,63 mg i. l, E. Frankland im Jahre 1870 zu 70,6 mg; als Vergleichungszahl wird derselbe zu rund 100 mg gerechnet.

Folgendes von Frankland gewählte Beispiel mag die Art der Berechnung erläutern: Es sei der gebundene Gesammtstickstoff eines Wassers zu 3,26 mg i. l gefunden worden und betrage derselbe nach Abzug von

0,32 mg für den Stickstoffgehalt des Regenwassers 2,94 mg i. l. Daraus berechnet sich die „frühere Verunreinigung“ $x = \frac{1\,000\,000 \cdot 2,94}{100} =$ 29 400 mg i. l, mit anderen Worten in 1 Liter dieses Wassers ist ebensoviel Stickstoff enthalten wie in 29,4 g Sielwasser.

Die chemische Analyse bestimmt die Metalle als Metalloxyde, die Alkalimetalle als Alkalichloride, die Säuren als Säureanhydride, während es der Rechnung vorbehalten bleibt, den Befund nach Maassgabe der chemischen Verwandtschaften zu gruppiren, d. h. die Säuren und Basen in Salze umzurechnen. In der Hygiene ist diese Berechnung der Analyse nicht üblich, dagegen theilen die Chemiker noch mit Vorliebe das Ergebniss in der gedachten Form mit. Die Art der Gruppirung ist eine empirische und entspricht der Wirklichkeit nur annähernd; dieselbe geschieht nach einem hergebrachten Schema, dessen Richtigkeit schon wiederholt angezweifelt worden ist:

Das ermittelte Chlor wird in der Berechnung an Alkalimetalle und der Rest der letzteren an Schwefelsäure und eventuell auch an Kohlensäure gegeben, etwa übrig bleibende Schwefelsäure ist als Sulfat von Calcium und Magnesium, die Erdalkalien sind im Uebrigen als Carbonate zu berechnen, die Salpetersäure und salpetrige Säure werden mit Ammoniak, die restirende Salpetersäure wird mit einem etwaigen Rest von Calcium und Magnesium in Verbindung gebracht; Eisen und Aluminium sind zusammen als Eisenoxyd und Thonerde, Kieselsäure ist für sich anzugeben.

Da die Vergleichszahlen zumeist nicht als Salze angegeben sind, kann sich bei der Begutachtung das Bedürfniss einstellen, das in den chemischen Verbindungen mitgetheilte Untersuchungsergebniss auf die einzelnen Bestandtheile zurückzurechnen. Das folgende Beispiel mag zugleich als Anweisung zur Berechnung dienen: Es soll für ein Wasser, welches im Liter 301,3 mg Calciumsulfat, 63,4 mg Calciumnitrat und 80,5 mg Calciumcarbonat enthält, die Kalkmenge ermittelt werden.

$$\underset{(136)}{CaSO_4} : \underset{(56)}{CaO} = 301,3 : x = 124,06$$
$$\underset{(164)}{Ca(NO_3)_2} : \underset{(56)}{CaO} = 63,4 : x = 21,64$$
$$\underset{(100)}{CaCO_3} : \underset{(56)}{CaO} = 80,5 : x = 45,08$$

sonach beträgt der Kalkgehalt 190,78 mg i. l.

II. Methoden.

Im Folgenden werde ich die Technik der Wasseruntersuchung unter vorzugsweiser Berücksichtigung der für die Zwecke der Hygiene empfehlenswerthen, einfachen und handlichen Verfahren in gedrängter Form beschreiben. Eine weitere Erörterung über den Werth der einzelnen Methoden sowie eine gründliche Anleitung in der Ausführung derselben erachte ich als die Aufgabe specieller Abhandlungen und

Lehrbücher und vorweg als die Sache der hygienischen Unterrichts-Laboratorien.

Die Vorprüfung.[13]

Die Temperatur muss schon bei der Entnahme an Ort und Stelle bestimmt werden. Gewöhnlich geschieht die Messung durch Einlegen eines empfindlichen, in Zehntelgrade getheilten Quecksilber-Thermometers in das Gefäss, welches die Wasserprobe aufnimmt.

Für die Temperaturbestimmung an wenig zugänglichen Bezugsstellen, z. B. in tiefen Brunnenschachten, ist, wie bei Messung der Bodentemperatur, zu berücksichtigen, dass das in dieselben herabgelassene Thermometer seine Angaben während des Herausnehmens ändert. Man verhütet einen Beobachtungsfehler durch Anwendung besonderer Schutzvorrichtungen (Schöpfthermometer, Pinselthermometer), auch kann man sich eines Bodenthermometers bedienen, dessen geringe Empfindlichkeit für die Messung freilich einen grossen Zeitaufwand bedingt.

Auf den Geschmack ist, weil der Kohlensäuregehalt und die kühle Temperatur des Wassers das Geschmacksorgan beeinflussen, nicht bloss am frischen Wasser sondern nochmals nach einer Erwärmung desselben auf etwa 30 ° C. zu prüfen. Vergleichende Proben dürfen keinesfalls bei verschiedenen Temperaturen ausgeführt werden.

Abgesehen von der individuellen Verschiedenheit der Prüfenden ist die Geschmacksprobe für die Beurtheilung der Reinheit des Wassers nicht zuverlässig, weil selbst Verunreinigungen, wie früher bemerkt, zum Wohlgeschmack beitragen können. Gegen Schwefelwasserstoff ist dieselbe noch am empfindlichsten und vermag schon Spuren davon im Wasser zu erkennen.

Zum Nachweis eines Geruches schüttelt man vor dem Riechen die Wasserprobe energisch in einer damit zur Hälfte angefüllten Flasche. Manche Riechstoffe werden erst entbunden, wenn man auf etwa 40 ° C. erwärmt, andere verlangen überdies vor dem Erwärmen einen Zusatz von wenig Kalilauge.

Der Geruchsinn reagirt auch nur auf Schwefelwasserstoff mit besonderer Schärfe. Bisweilen verdeckt der Schwefelwasserstoff andere Riechstoffe, die dann erst nach dessen Bindung durch Zusatz von Kupfervitriollösung bemerkbar werden.

Um die Durchsichtigkeit und die Farbe des Wassers richtig zu beurtheilen, ist es rathsam, dasselbe mit einem normalen Wasser, am besten mit destillirtem, in gleich hoher Schicht (etwa 20 cm) zu vergleichen: Die beiden Proben werden in Glascylinder (von etwa 2,5 cm Durchmesser und 22 cm Höhe sowie mit flachem Boden) ein-

gefüllt und zum Durchsehen auf eine weisse Unterlage aus Papier oder Porcellan neben einander gestellt.

Ist eine abnorme Farbe des Wassers durch schwimmende Bestandtheile hervorgerufen, die beim ruhigen Stehen sich zu Boden niederschlagen oder durch Filtriren beseitigt werden, so lässt eine grünliche Färbung Algen vermuthen, eine weisslich graue Schimmelpilze oder Schizophyten, eine gelbliche Eisen oder eisenhaltigen Thon (Lehm). Von gelösten Stoffen bedingte Färbungen können durch Auslaugung von Huminsubstanzen des Bodens oder durch Beimengung von Industrieabfällen verursacht sein, eine gelbe oder gelbbraune Farbe weist gewöhnlich anf Huminsubstanzen hin.

Manche Trübungen und Färbungen entstehen im Wasser erst beim Stehenlassen, so kann sich unlösliches kohlensaures Eisenoxydul, welches als Bicarbonat in Lösung war, durch Verflüchtigung von Kohlensäure abscheiden und durch Oxydation in rostfarbiges Eisenoxyd übergehen (vgl. S. 19).

Der Grad der Trübung wird auf Vorschlag von A. Hiller in der Weise ermittelt, dass man nach Art der Sehproben eine kleine weisse Tafel, der Zahlen von verschiedener Grösse aufgedruckt sind, als Unterlage für den die Wasserprobe enthaltenden Glascylinder benutzt.

Zur Bestimmung der Stärke der Färbung vergleicht Kubel-Tiemann das Wasser mit einer Caramellösung von bekanntem Gehalt und drückt den Färbungsgrad in der entsprechenden Caramelmenge aus.

Die Reaktion des Wassers wird in Folge von Verunreinigungen nur sehr selten verändert gefunden; sie ist gewöhnlich neutral oder äusserst schwach sauer.

In dem specifischen Gewicht des Wassers erhält man nach Finkelnburg einen vorläufigen Aufschluss über den Gehalt an gelösten Stoffen. Zur Bestimmung desselben bedient sich Hiller des „Hydrometers“, eines fein gearbeiteten Areometers, das nach einer Kochsalzlösung derart getheilt ist, dass jeder Skalagrad einem Gehalt von 0,01 % Kochsalz oder von 0,1 g im Liter entspricht. Ein Trinkwasser sei nur dann als gut zu bezeichnen, wenn es bei der areometrischen Bestimmung nicht über 6° zeige.

Die Analyse der suspendirten Bestandtheile.[11]

Von dem Vorhandensein nicht gelöster Körper, welche in Folge massenweiser Anhäufung oder vermöge ihrer Grösse schon einzeln mit dem unbewaffneten Auge erkennbar sind, nimmt man bereits bei der Prüfung des Wassers auf Klarheit und Farbe Notiz.

Mitunter, so beim Feststellen der Verunreinigung von Flüssen, kann es von Werth sein, die Menge der im Wasser enthaltenen suspendirten Theile zu erfahren. Dies kann entweder durch Sammeln derselben auf einem Filter von bekanntem Gewicht und Wägen

nach dem Trocknen bei 110° C. oder auch durch Ermittelung der Differenz im Gewichte der Trockenrückstände geschehen, die das Wasser vor und nach dem Filtriren hinterlässt.

Die mikroskopische Analyse muss mit der Vorsicht geschehen, dass in die Wasserprobe nicht von aussen, z. B. aus der Luft, während des Einfüllens oder der Beobachtung staubförmige Verunreinigungen und entwicklungsfähige Keime gelangen. Die erste Bedingung ist daher Reinlichkeit im Arbeiten und Gewandtheit im Ausführen der einzelnen untersuchungstechnischen Verfahren.

Man thut gut daran, für diesen Abschnitt der Untersuchung eigens kleine Wasserproben (25 bis 50 ccm) zu entnehmen, wozu kleine Glascylinder, Standgläser, Reagensröhrchen u. dgl. sich eignen. Befindet sich der Ort der Untersuchung nicht fern von dem der Entnahme, so verschliesst man die Probe am besten mit einem Wattepfropf, im anderen Falle mit einem Gummistöpsel oder man wendet Gläser mit sorgsam eingeriebenem Glasstöpsel an, dessen Verschlussfähigkeit man durch einen Paraffinaufguss vermehrt. Für Versendung von Proben auf weite Entfernungen empfiehlt sich das Einschmelzen in Glasröhren.

Die Gefässe zur Aufnahme der Wasserprobe, ebenso alle anderen Geräthe und Utensilien für die Untersuchung, sind nach dem Reinigen noch einer Sterilisirung mittelst Hitze zu unterziehen: Gläserne Cylinder, Krystallisationsschälchen, Platten, Pipetten u. dgl. hält man, gegebenen Falles sammt dem dazu gehörigen Wattepfropf oder Glasstöpsel 1 Stunde bei 150 bis 160° C. im Luftbad (Gläser mit Gummistöpsel 1/2 Stunde bei 100° C. im strömenden Wasserdampf). Andere Dinge wie Glasstäbe, Präparirnadeln, Messer, Platindraht u. dgl. werden durch Glühen sterilisirt.

Auch die bei der Untersuchung anzuwendenden Flüssigkeiten, so das destillirte Wasser, bedürfen einer derartigen Behandlung, damit die etwa darin enthaltenen Keime vom Versuch ausgeschlossen werden.

Das Reinigen der Glasgeräthe verlangt nicht nur Sorgfalt sondern zum Theil auch die Anwendung besonderer Mittel, z. B. die Glasplatten (Objektträger), welche Gelatinestreifen und Reinkulturen aufnehmen sollen, reinigt man in Wasser, eventuell in Alkohol, legt sie nach dem Abwaschen auf 24 Stunden in verdünnte Schwefelsäure (1 : 3), spült mit Wasser rein, trocknet und polirt sie schliesslich noch mit Hilfe eines mit Alkohol und Ammoniak befeuchteten Tuches.

Alsbald nach der Entnahme der Probe ist eine mikroskopische Prüfung behufs Feststellung der im frischen Wasser vorhandenen Dinge vorzunehmen. Dieser Ermittelung des momentanen Befundes kann man in den nächsten Tagen weitere Untersuchungen folgen lassen, um zu sehen, ob das Wasser beim Stehen unter Zimmertem-

peratur die Entwicklung von Vegetationen begünstigt. Dabei ist übrigens das zu Boden geschlagene Material und ein auf der Oberfläche etwa entstandenes Häutchen ebenfalls in Untersuchung zu ziehen. Der erste mikroskopische Befund bedarf zu seiner Ergänzung des Kulturversuchs, der gleichfalls mit dem frischen Wasser anzustellen ist.

Für die mikroskopische Untersuchung werden Präparate in folgender Weise bereitet: Zunächst behufs Aufsuchen grösserer Körper bringt man einen Tropfen Wasser mit einem Glasstab oder einer Glasröhre auf ein Deckgläschen, führt dasselbe auf einen einfachen oder besser einen hohlgeschliffenen Objektträger über und untersucht bei 100-facher Vergrösserung. Um die kleinsten Lebensformen bei einem vereinzelten Auftreten erkennbar zu machen, wird nicht nur die Anwendung von stärkeren Vergrösserungen sondern auch das Färben der Präparate erforderlich. Man führt einen Tropfen Wasser auf ein Deckgläschen über, trocknet denselben bei 120 ° bis 150 ° C ein, gibt einen Tropfen Methylenblaulösung hinzu, legt das Deckglas auf den Objektträger, spült das überschüssige Färbungsmittel mit destillirtem Wasser ab und untersucht bei 700-facher Vergrösserung (Oel-Immersion).

Die Methylenblaulösung wird mit concentrirtem Alkohol hergestellt und nach Bedarf mit destillirtem Wasser verdünnt.

Bezüglich anderer Färbungsmethoden und der Bedeutung der mikrochemischen Farbenreaktionen für die Bacterien-Untersuchung muss ich auf die Abhandlungen von C. Weigert[15], R. Koch[16], P. Ehrlich[17], C. Friedländer[14] u. A. verweisen.

Nicht immer, besonders wenn die Färbung des Präparats verschmäht oder sonst mit unzulänglichen technischen Hilfsmitteln gearbeitet wird, will es gelingen, in einem oder wenigen Tropfen Wasser die vorhandenen kleinsten Körperchen aufzufinden. Bevor man das Wasser für frei von Mikroorganismen erklärt, ist es angezeigt, entweder das mikroskopische Material aus der ganzen Wasserprobe durch Absitzenlassen zu vereinigen oder mit einzelnen Tropfen derselben Kulturversuche anzustellen.

Das Sammeln durch Decantiren hat nur den Nachtheil, dass man selbst unter Anwendung von Kälte, kaum mehr ein dem Befund am frischen Wasser annähernd entsprechendes Bild erhält.

Als weiteres Mittel zum Vereinigen des Materials ist das Filtriren durch Glaswolle zu nennen (Klebs); es bewährt sich dasselbe in der Entnahme von Proben aus Wasserleitungen, wobei sich die Glaswolle, eingeschlossen in einem Glasröhrchen, mittelst Gummiverbindung unter Vermeidung des Einflusses der Luft an der Mündung eines Ausflusshahns anbringen lässt. In solchen Fällen, so auch bei Pumpbrunnen, ist freilich darauf zu achten, dass nicht selten die Auslässe, der Brunnenstock

oder das Leitungsmaterial der Sitz von Mikroorganismen sind, welche das Wasser beim Durchfliessen aufnimmt.

Mehr für eine Prüfung auf anorganische Beimengungen ist das Einengen des Wassers durch Abdampfen oder Verdunsten empfohlen.

Schon an früherer Stelle (S. 102 u. ff.) habe ich bemerkt, wie mannigfaltig das mikroskopische Bild sein kann, das man bei der Untersuchung von Wasserproben erhält. Die Bestimmung der nur mit bewaffnetem Auge zu erkennenden Dinge, insbesondere des mykologischen Befundes, verlangt specielle Erfahrungen und Uebung, die Untersuchung auf Schizophyten setzt den Besitz der besten optischen Instrumente (Mikroskope mit Immersionssystemen, Abbe'schem Beleuchtungsapparat) voraus.

Der Nichtfachmann bedarf, um einigermaassen auch nur unter den zahlreichen Formen, welche von der morphologischen Forschung bis jetzt unterschieden und anerkannt sind, sich zurecht zu finden, der Anleitung eines Sachkundigen, welche ihm entweder durch direkte Führung oder mit Hilfe von Dauerpräparaten oder Abbildungen (insbesondere von Photogrammen) gegeben werden kann.

Derartige Abbildungen finden sich bei A. H. Hassall, Macdonald, B. Eiferth, C. B. Fox, R. Koch, C. Flügge, Parkes, Roth und Lex, Nowak u. A.

Sehr empfiehlt es sich, dass man selbst sich eine Sammlung von Dauerpräparaten mit der Zeit anlegt. Zum Conserviren von gefärbten (und ungefärbten) Präparaten kann man nach R. Koch Canadabalsam oder wässerige Lösung von essigsaurem Kali (1 : 2) verwenden; die letztere eignet sich besonders für Lackzellenpräparate. Die Technik des Anfertigens von Dauerpräparaten ist u. A. von Bachmann[18] beschrieben.

Uebrigens liefert in neuester Zeit auch die Verlagshandlung von Theodor Fischer (Kassel-Berlin) Collectionen mikroskopischer Präparate von Mikroorganismen und speciell von pathogenen Bacterien.

Die Reinkultur führt zur näheren Erkenntniss der morphologischen und biologischen Eigenschaften der im Wasser enthaltenen Keime der niedersten pflanzlichen Gebilde, sie ermöglicht es, zwischen einander sehr ähnlichen Varietäten oder Formen von Lebewesen noch Unterscheidungsmerkmale zu finden. Für die Untersuchung des Wassers verdient die von R. Koch (Mittheilungen des Gesundheits-Amtes) angegebene Methode der Kultur auf festem Nährboden unbedingt den Vorzug vor der Anwendung von Nährlösungen (vgl. S. 107). Man wird in einer Weizenschrotinfus-Gelatine zunächst ein für viele Arten von Mikroorganismen geeignetes Nährsubstrat haben, für andere aber einen mehr entsprechenden Nährboden (Fleischwasser-Pepton-Gelatine, Blutserum-Gelatine u. dgl.) suchen müssen.

Die Weizenschrotinfus-Gelatine wird in der Weise hergestellt, dass man eine Hand voll Weizenschrotmehl, nachdem es mit 200 ccm Wasser vermengt 24 Stunden lang gestanden hat, kocht, filtrirt, alsdann auf je 100 ccm des Filtrats 3 g Gelatine gibt, mit Natriumphosphat neutralisirt und durch Kochen sterilisirt.

Zu den Kulturversuchen verwendet man zunächst 4 kleine flache Schalen mit vertikalem Rand, sog. Krystallisationsschalen von etwa 6 cm Durchmesser, füllt mit einer Pipette in dieselben 3 mm hoch die durch Erwärmen flüssig gemachte, frisch sterilisirte Nährgelatine ein. Zum Schutz vor Keimen, welche aus der Luft einfallen könnten, bringt man diese Krystallisationsschalen, nachdem man sie noch numerirt hat, sofort in die feuchte Kammer, welche aus einer innen mit nassem Fliesspapier ausgekleideten Glasglocke und einem Glasteller (grossen Krystallisationsschale) besteht. Sobald die Nährgelatine auf etwa 40° bis 30° C. abgekühlt, so dass sie noch flüssig ist, aber nicht mehr durch ihre Temperatur die Entwicklungsfähigkeit der Mikroorganismen gefährdet, gibt man in die Krystallisationsschale mittelst einer Pipette das Wasser in verschiedenen Dosen und zwar 1, 3, 6 und 9 Tropfen, und vermengt schliesslich durch Umrühren mit einer Präparirnadel. Nachdem die Aussaat in dieser Weise geschehen, lässt man 24 Stunden bei 18 bis 25° C., geschützt vor der unmittelbaren Einwirkung des Tageslichtes stehen. Selbstverständlich würden Mikroorganismen, welche nur bei einer höheren Temperatur wachsen oder langsamer sich vermehren, eine specielle Behandlung verlangen, welche von dieser allgemeinen Versuchsanordnung mehr oder weniger abweicht.

Durch die Anwendung von verschiedenen Portionen in den 4 Kulturproben erhält man vorweg einen Anhalt darüber, ob viele oder wenige entwicklungsfähige Keime im Wasser enthalten sind. Gewöhnlich haben sich, an mehreren Stellen des Präparates zerstreut, in Form von weissen Pünktchen Vegetationen entwickelt, die oft rasch bis zur Erbsengrösse heranwachsen und zuletzt, bisweilen unter Verflüssigung der Gelatine, in einander übergehen. Mit einiger Uebung lässt sich unterscheiden, ob die Keime für diese Vegetationen auch wirklich mit dem Wasser in die Gelatine verimpft oder ob sie beim Vorbereiten des Versuchs oder Oeffnen der Glasglocke aus der Luft hineingefallen sind, wodurch wohl Vegetationen an der Oberfläche des Nährbodens, nicht aber in den tieferen Schichten entstehen.

Im Falle eines negativen Befundes ist der Kulturversuch unter Anwendung des Materials zu wiederholen, das sich inzwischen in der Wasserprobe am Boden des Gefässes gesammelt hat.

Von der ersten Kultur impft man zur Herstellung von Reinkul-

turen auf Objektträger, auf welche Nährgelatine in einem langen Streifen aufgetragen ist, unter Controle des Mikroskops strichweise über und gibt diese Reinkulturpräparate gleichfalls auf 24 Stunden bei 18 bis 25 ° C. in die feuchte Kammer.

Die Reinkulturen bieten zumeist schon für das blosse Auge in der Anordnung der Vegetationen charakteristische Bilder, mit deren Unterscheidung freilich nur der in dieser speciellen mykologischen Technik Bewanderte vertraut ist.

Einige Typen dieser Art hat R. Koch mit seiner mehrerwähnten Arbeit in den Mittheilungen des Gesundheits-Amtes durch Photogramme bekannt gegeben.

Es sind diese Reinkulturen geeignet zur mikroskopischen Untersuchung, indem man für schwache Vergrösserungen dieselben direkt auf den Objekttisch bringen oder für die Beobachtung bei sehr starken Vergrösserungen Deckgläschen-Trockenpräparate mit oder ohne Färbung herstellen kann.

Prüfung auf gesundheitsschädliche Eigenschaften.

Schliesslich liefern die Reinkulturen auch das Material zur Ermittelung von infektiösen Eigenschaften, für die Impfung von Thieren.

Die Prüfung auf toxische Wirkungen setzt voraus, dass man zuvor die im Wasser etwa vorhandenen Infektionsstoffe durch Sterilisiren (Aufkochen, Filtriren durch Glaswolle oder Thonzellen), dessen Erfolg übrigens durch Kulturproben zu controliren ist, vom Versuche ausschliesst. Dieselbe geschieht ebenfalls an Thieren durch subcutane Injektion von kleinen Mengen des Wassers mit besonders construirten Spritzen, welche eine vollkommene Sterilisirung zulassen. Bezüglich der speciellen Technik derartiger Beobachtungen hat auch R. Koch (a. a. O.) Anleitung gegeben.

In Anbetracht des noch bestehenden Mangels an Erfahrungen in Hinsicht der Wahl der zum Versuche geeigneten Thierspecies und angesichts der vorkommenden individuellen Unempfänglichkeit entscheidet der negative Erfolg nicht mit absoluter Sicherheit über die Zuträglichkeit des Wassers.

Analyse der gelösten Bestandtheile.

1. Trockenrückstand. Das Wasser hinterlässt nach dem Verdampfen seine nicht flüchtigen Bestandtheile als Rückstand. Wenn die Wasserprobe klar ist, beziehentlich die suspendirten Beimengungen durch Filtriren oder Absitzenlassen zuvor daraus entfernt

werden, so erhält man im Rückstand die gelösten festen Bestandtheile.

Ausser der Menge des Rückstandes interessirt uns auch dessen Farbe: Reine Wässer geben einen weissen Trockenrückstand, durch organische Stoffe, Eisen und andere Beimengungen wird derselbe gelb bis gelbbraun gefärbt.

Ausführung: 250 ccm Wasser werden in einer tarirten Porcellanschale vorsichtig auf einem Asbestbad abgedampft, der Rückstand wird bei 110° C. im Luftbade getrocknet und die Schale, nachdem sie unter dem Exsiccator erkaltet, gewogen.

Berechnung: z. B. Rückstand	brutto	70,1640 g	
"	tara	70,0560	
"	netto	0,1030 g	auf 250 ccm

oder 432 mg auf 1 l Wasser.

Bemerkung: Je nach der Höhe der beim Trocknen angewandten Temperatur entweicht aus dem Rückstande das Wasser mehr oder weniger vollständig und wird auch Hydratwasser ausgetrieben, bei stärkerem Erhitzen zersetzt und verflüchtigt sich ein Theil der organischen Stoffe und geht Kohlensäure, Ammoniak und Salzsäure durch Umsetzung der Salze zu Verlust.

Die Vorschriften bezüglich der Trockentemperatur gehen weit auseinander, so verlangt Flügge 100° C., v. Pettenkofer 100 bis 110° C., Reichardt 110 bis 120° C., Kubel-Tiemann 150 bis 180° C. Wie sehr dieselbe aber beim Ergebniss ins Gewicht fällt, zeigen u. a. Beobachtungen von E. Sell[19], welcher z. B. für seine Wasserprobe Nr. 2 als Rückstandsmenge bei 100° C. 420 mg, bei 140° C. 320 mg und bei 180° C. sogar nur 220 mg im Liter erhielt.

2. Glühverlust. In der Glühhitze gibt der Trockenrückstand um so rascher und leichter eine rein weisse Asche als der Gehalt des Wassers an organischen Stoffen und an Eisen gering ist. Ein an organischen Theilen reicher Rückstand wird beim Erhitzen bald schwarz und riecht, wenn dieselben stickstoffhaltig, nach verbrannten Haaren oder Federn.

Ausführung: Der Trockenrückstand wird so lange geglüht, bis er weiss gebrannt ist. Um die verflüchtigte Kohlensäure zu ersetzen, befeuchtet man nach dem Erkalten die Asche mit kohlensäurehaltigem Wasser oder lässt sie in kohlensäurereicher Luft unter einer Glasglocke stehen. Nach Ablauf von etwa 12 Stunden trocknet man die Asche im Luftbade bei 110° C. und wägt.

Weil Porcellanschalen beim ersten Glühen leicht zerspringen oder ihr Gewicht ändern, ist es zweckmässig, sich für die Glühprobe — also schon bei Bestimmung des Rückstandes — einer Platinschale zu bedienen oder doch wenigstens die Porcellanschale vor der Tarirung gut auszuglühen.

Kohlensaures Ammoniak statt des kohlensäurehaltigen Wassers anzuwenden, ist nicht rathsam, weil dadurch sehr leicht Chloride und Sulfate der Alkalien und Erdalkalien zu Carbonaten umgesetzt werden.

Berechnung: z. B. Rückstand, brutto 70,1640 g
Asche = 70,1400
Glühverlust 0,0240 g

auf 250 ccm oder 96 mg auf 1 l Wasser.

Bemerkungen: Das Glühen entfernt nicht nur die organischen Stoffe, sondern bewirkt zugleich Zerlegungen und Umsetzungen von anorganischen Verbindungen, z. B. werden Nitrate und Nitrite zerstört, Sulfate durch Kohle reducirt, wird Kohlensäure durch Kieselsäure ausgetrieben; es entweichen dabei Ammonium- und Chlorverbindungen.

Man ist daher keinesfalls berechtigt, die Gewichtsabnahme, welche der Trockenrückstand in der Glühhitze erleidet, schlechtweg als „organische Substanz" zu bezeichnen, wie dies früher vielfach geschah. Der Glühverlust zeigt auch schon deshalb die organischen Stoffe nicht richtig an, weil ein Theil derselben schon beim Eindampfen sich zersetzt und verflüchtigt, und weil der Trockenrückstand bald mehr bald weniger Wasser noch zurückhält. Durch das Wiederherstellen der Carbonate werden auch nicht annähernd diese Mängel des Verfahrens beglichen. Auch die dem Verfahren zu Theil gewordenen Modificationen waren nicht im Stande, es für die Bestimmung der organischen Stoffe geeignet zu machen.

3. Nicht löslicher Theil des Rückstandes. In kaltem, kohlensäurefreiem Wasser bleiben vom Trockenrückstande hauptsächlich die Carbonate der Erdalkalien ungelöst, so dass der nicht lösliche Theil annähernd die temporäre Härte anzeigt.

Ausführung: Nach geschehener Bestimmung des Rückstandes löst man die festen Bestandtheile in kaltem destillirten Wasser, das frei von absorbirter Kohlensäure ist, wäscht die Lösung auf ein Filter und filtrirt direkt in eine tarirte Porcellanschale, mit welcher alsdann das Verfahren der Rückstandsbestimmung wiederholt wird.

Berechnung: z. B. gefunden 432 mg i. l Trockenrückstand;
Rückstand des löslichen Theils, brutto 76,3251 g
= = = = tara 76,2376
netto 0,0875 g

auf 250 ccm oder 350 mg auf 1 l Wasser; davon nicht wieder löslich 432—350=82 mg auf 1 l oder temporäre Härte = 8,2°.

4. Chlor, Chloride. Zum qualitativen Nachweis des hauptsächlich als Chlornatrium im Wasser enthaltenen Chlors säuert man eine Probe von 10 bis 20 ccm im Reagenscylinder mit reiner Salpetersäure an und versetzt mit wenigen Tropfen einer Lösung von Silbernitrat: Es bildet sich Silberchlorid, welches als weissliche Trübung oder bei stärkerem Gehalte als käsiger Niederschlag sich ausscheidet und nach dem Auswaschen in Ammoniak leicht löslich ist.

Eigentlich entstehen durch Umsetzung mit dem Silbernitrat in der Probe noch andere Silbersalze, z. B. Silbercarbonate, welche aber in Folge ihrer Löslichkeit in verdünnter Salpetersänre die Chlorreaktion nicht stören.

Die quantitative Bestimmung des Chlors geschieht auf maassanalytischem Wege, indem man die Menge einer Silbernitratlösung von bekanntem Wirkungswerth misst, durch welche die im Wasser vorhandenen Chlorverbindungen zu Silberchloriden umgesetzt werden, und aus ihr den Chlorgehalt berechnet.

Derzeit sind zwei titrimetrische Verfahren gebräuchlich, das ältere von Mohr, das neuere von Volhard. Nach Mohr setzt man unter Zuhilfenahme von Kaliumchromat als Indicator genau nur so viel Silbernitrat der Probe zu, als deren Chlormenge entspricht; nach Volhard gibt man zur Probe das Silbernitrat ebenfalls in abgemessener Menge, aber davon mehr als zur Umsetzung der Chloride erforderlich ist, und ermittelt den Ueberschuss durch Titriren mit einer Lösung von Kaliumsulfocyanid (Rhodankalium).

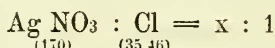
Zufolge E. Sell's Erfahrungen, der die beiden Methoden einer sorgsamen Prüfung unterzogen hat, erhält man nach Mohr durchweg etwas mehr, nach Volhard etwas weniger Chlor, als der Wirklichkeit entspricht. Immerhin genügen beide Methoden für hygienische Zwecke. Wir ziehen das Mohr'sche Verfahren seiner Einfachheit halber vor; nach E. Sell gibt dasselbe mit Wasserproben von 50 ccm noch bei 35,5 mg Chlor i. l brauchbare Resultate, bei zunehmender Verdünnung wächst der Versuchsfehler.[19)]

Qantitatives Verfahren nach Mohr. In neutralen Lösungen bilden chromsaure Salze mit Silbernitrat Niederschläge von Silberchromat mit orange- bis braunrother Farbe. Befinden sich neben chromsauren Salzen auch salzsaure Verbindungen, so werden zunächst die letzteren wegen ihrer grösseren Affinität zum Silber als Trübung oder Niederschlag von weisser Farbe abgeschieden, bevor Silberchromat bleibend ausfällt. In dieser Weise gibt das Auftreten einer nicht wieder verschwindenden Silberchromatreaktion beim Titriren ein Zeichen dafür, dass man die Wasserprobe mit der zur Um-

setzung der Chloride erforderlichen Menge der Silbernitratlösung versetzt hat.

In Ammoniak oder Salpetersäure ist Silberchromat löslich, von Kali- oder Natronlauge wird dasselbe zersetzt, es ist daher die neutrale Reaktion unbedingt erforderlich. Das Ansäuern mit Salpetersäure ist indessen auch entbehrlich, weil Chromsäure in der Affinität zum Silber, wie man annimmt, dem Chlor am nächsten steht, so dass Silberchromat früher als die anderen Silberverbindungen auftritt.

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Silbernitratlösung, von welcher 1 ccm genau 1 mg Chlor bindet. Man berechnet diese und ähnliche Probeflüssigkeiten mit Hilfe der chemischen Verhältnisszahlen:

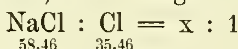


$$\underset{(170)}{AgNO_3} : \underset{(35,46)}{Cl} = x : 1$$

Sonach müssen in jedem ccm dieser Probeflüssigkeit 4,794 mg krystallisirtes trockenes Silbernitrat (= 4,794 g pro l) enthalten sein.

2) Kaliumchromatlösung; gesättigte Lösung von neutralem, gelbem, krystallisirtem Kaliumchromat.

3) Kochsalzlösung, von welcher 1 ccm genau 1 ccm der Silbernitratlösung entspricht, also 1 mg Chlor enthält:



$$\underset{58,46}{NaCl} : \underset{35,46}{Cl} = x : 1$$

Man hat laut dieser Gleichung 1,6486 g krystallisirtes, trockenes Kochsalz mit destillirtem Wasser zu 1 l Probeflüssigkeit zu lösen.

Ausführung. Eine Wasserprobe von 50 ccm, in einem Becherglase oder einer Porcellanschale, versetzt man mit 2 Tropfen Kaliumchromatlösung, so dass sie schwach gelb gefärbt ist, lässt aus einer Quetschhahnbürette tropfenweise Silbernitratlösung zufliessen und vermengt die Flüssigkeiten mit Hilfe eines Glasstabes. Sobald die Probe eine während des Umrührens nicht wieder verschwindende schwache Silberchromatreaktion, eine gelbrothe Farbe zeigt, liest man an der Bürette den Verbrauch an Silberlösung ab.

Für den Fall, dass man wider Willen mehr Silberlösung zugesetzt hat, als der Endreaktion entspricht, kann man den Ueberschuss durch Titriren mit der Kochsalzlösung erfahren und in Abzug bringen. Die Kochsalzlösung dient auch zur Controle der Silberlösung, die sich mit der Zeit verändern kann.

Berechnung. Da 1 ccm der Silberlösung genau 1 mg Chlor anzeigt, so gibt die Zahl der verbrauchten ccm dieser Probeflüssigkeit in Milligramm den Chlorgehalt von 50 ccm des untersuchten Wassers an.

Es seien z. B. verbraucht worden 3,1 ccm Silberlösung, also hat das Wasser im Liter einen Chlorgehalt von $3,1 \cdot 20 = 62$ mg.

Hätte aber die Silberlösung beim Controliren ihres Wirkungswerthes anstatt 1 nur 0,9 ccm Kochsalzlösung entsprochen, so betrüge der Chlorgehalt nur 62 · 0,9 = 55,8 mg.

Der Kochsalzgehalt des Wassers wird aus der Chlormenge durch Multiplikation mit 1,65 gefunden.

Bemerkung. Um bei einem geringen Chlorgehalt noch ein brauchbares Resultat zu erzielen, ist es rathsam, das Wasser einzuengen. Stark gefärbte Wässer dampft man ein, glüht den Rückstand schwach, nimmt ihn mit destillirtem Wasser auf und titrirt.

5. **Schwefelsäure, Sulfate.** Zum qualitativen Nachweis der Schwefelsäure im Wasser wird eine Probe von 20 ccm im Reagenscylinder mit Salzsäure angesäuert und mit einer Lösung von Chlorbarium versetzt. Die Schwefelsäure gibt sich durch eine weisse Trübung oder einen Niederschlag von Bariumsulfat zu erkennen. Der Zusatz von Salzsäure verhütet ein gleichzeitiges Ausfallen von anderen Bariumverbindungen, so von Bariumcarbonat.

Die quantitative Bestimmung ist gleichfalls auf die Reaktion mit Bariumchlorid begründet und kann entweder auf gewichtanalytischem Wege oder durch maassanalytische Verfahren mit einer Bariumchloridlösung von bekanntem Wirkungswerth ausgeführt werden, von welchen einige noch eine titrirte neutrale Kaliumchromatlösung zu Hilfe nehmen.

Die im Folgenden beschriebene gewichtsanalytische Methode ist, wenn auch etwas umständlich, brauchbarer als die maassanalytischen.

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) concentrirte Salzsäure, 2) verdünnte Lösung von Bariumchlorid (1 : 20).

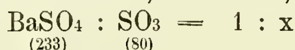
Ausführung: 250 ccm Wasser in einem Becherglase werden, mit 2 Tropfen Salzsäure versetzt, zum Sieden erhitzt. (Bei einem geringen Gehalt an Sulfaten wird es erforderlich, grössere Mengen Wasser zu nehmen und auf 250 ccm einzudampfen.) Zu dem siedenden Wasser wird sodann von der Bariumchloridlösung tropfenweise zugesetzt, bis keine sichtliche Fällung mehr dadurch bewirkt wird. Um den Niederschlag compakter zu machen, erwärmt man gelinde noch etwa eine Viertelstunde, lässt absitzen und filtrirt hierauf, nachdem man sich zuvor überzeugt hat, dass auch alle Schwefelsäure ausgefällt ist.

Diese Prüfung geschieht am einfachsten in der Weise, dass man einen Tropfen der klaren Flüssigkeit mit einem Tropfen verdünnter Schwefelsäure auf einer Glasplatte mit schwarzer Unterlage zusammenbringt und sieht, ob eine Trübung entsteht, welche anzeigen würde, dass schon Bariumchlorid im Ueberschuss zugesetzt ist.

Den Niederschlag sammelt man auf einem kleinen Filter von bekanntem Aschengehalt, das man mit Alkohol (10% Tr.) befeuchtet hat, um seine Poren für das feinkörnige Bariumsulfat undurchgängig zu machen. Auch beim Ausspülen des Becherglases leistet der Alkohol gute Dienste. Das Filter wird, nachdem der Niederschlag mit salzsäurehaltigem Wasser sorgfältig ausgewaschen, bei 100° einige Stunden getrocknet, alsdann im Platintiegel geglüht und die Aschenmenge endlich auf der Wage ermittelt.

Da in Folge einer reducirenden Wirkung der Kohle aus Bariumsulfat häufig Bariumsulfid sich bildet, ist es rathsam, die Asche mit Schwefelsäure anzufeuchten, diese zu verdampfen und die Asche nochmals leicht zu glühen.

Berechnung: Man hat die gefundene Bariumsulfatmenge, um auf Schwefelsäure zu rechnen, nur mit 0,3433 zu multipliciren, denn



$$\underset{(233)}{BaSO_4} : \underset{(80)}{SO_3} = 1 : x$$

z. B. Asche, brutto 33,9261 g
tara { 33,8112
Filterasche { 0,001

auf 250 ccm Wasser, netto 0,1139 g $BaSO_4$ oder
„ 1000 „ „ 455,6 mg $BaSO_4$

daraus

$$455{,}6 \cdot 0{,}3433 = 156{,}41 \text{ mg } SO_3 \text{ im Liter.}$$

Bemerkungen: Auch gegen die gewichtsanalytische Schwefelsäurebestimmung hat man Bedenken erhoben: Der Niederschlag falle leicht so feinkörnig aus, dass er durchs Filter gehe, beim Absetzen schliesse er andere Salze ein, von welchen er kaum zu reinigen sei, auch kohlensaure Verbindungen würden durch Bariumsalze zersetzt werden. Alle diese Mängel werden durch die Beachtung der für die Ausführung des Verfahrens angegebenen Cautelen auf ein geringes Maass herabgesetzt und zum Theil vollkommen beseitigt.

6. **Kalk.** Zum qualitativen Nachweis des Calciums versetzt man eine Probe von 25 ccm Wasser mit einigen Tropfen Salmiak, Oxalsäure und Ammoniak. Calcium wird durch eine weisse Fällung von Calciumoxalat angezeigt, das unlöslich ist in Essigsäure und löslich in Salzsäure.

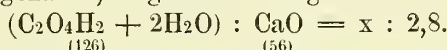
Da die Kalkverbindungen im Wasser vorzugsweise Bicarbonate und Sulfate sind, so wird eine Trübung des Wassers beim Kochen für kohlensauren Kalk und der Nachweis von Schwefelsäure für Gyps sprechen.

Die quantitative Bestimmung verfährt, wenn sie gewichtsana-

lytisch erfolgen soll, nach dem gleichen Princip wie die qualitative Prüfung, zum Schluss wird der Niederschlag von Calciumoxalat auf einem Filter von bekanntem Aschegehalt gesammelt, ausgewaschen, durch schwaches Glühen in Carbonat verwandelt und als kohlensaurer Kalk gewogen.

Es steht aber auch ein maassanalytisches Verfahren nach Mohr zu Gebot, welches keinen grossen Zeitaufwand beansprucht und doch gute Dienste thut. Auch hierbei wird der Kalk in Calciumoxalat übergeführt, aber es geschieht dies mit Hilfe einer titrirten Oxalsäurelösung, die man in einer bestimmten Menge aber in Ueberschuss zusetzt und mit einer Lösung von Kaliumpermanganat zurücktitrirt.

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Oxalsäurelösung, von welcher 1 ccm genau 2,8 mg Kalk anzeigt:



$$\underset{(126)}{(C_2O_4H_2 + 2H_2O)} : \underset{(56)}{CaO} = x : 2,8.$$

Man löst 6,3 g trockener, krystallisirter, (nicht verwitterter) Oxalsäure*) zu 1 l. 2) Chamäleonlösung; 3 g krystallisirtes Kaliumpermanganat gelöst zu 1 l. 3) Ammoniakflüssigkeit. 4) concentrirte Schwefelsäure.

Ausführung. In einer Kochflasche, die 300 ccm fasst und am Halse für diesen Inhalt eine Eichmarke erhält, werden 100 ccm Wasser mit 25 ccm Oxalsäure und hierauf mit Ammoniak eben bis zur schwach alkalischen Reaktion versetzt.

Damit der entstandene Niederschlag von Calciumoxalat sich durch Filtriren leichter entfernen lässt, wird die Probe zum Sieden erhitzt und einige Minuten gekocht. Nach dem Abkühlen zur ursprünglichen Temperatur füllt man den Kochkolben mit destillirtem Wasser bis zur Marke auf und filtrirt seinen Inhalt durch ein Faltenfilter.

Vom klaren Filtrat werden 100 ccm in eine $^1/_2$ l-Kochflasche mittelst Pipette übergeführt und zur Ermittelung der überschüssigen Menge Oxalsäure in folgender Weise behandelt: Man gibt zu den 100 ccm der verdünnten Probe 5 ccm Schwefelsäure, erwärmt unter Controle eines Thermometers auf 60^0 C, lässt aus einer Glashahn- oder Chamäleonbürette Kaliumpermanganat so lange unter Umschütteln tropfenweise zufliessen, bis eine bleibende schwache Rothfärbung sich einstellt, und liest schliesslich die verbrauchte Chamäleonmenge an der Bürette ab.

Um den Wirkungswerth der Chamäleonlösung zu ermitteln, wiederholt man dieses Verfahren, gibt in die nämliche Flüssigkeit, in welcher man zuvor den Rest an freier Oxalsäure durch den Zusatz

*) Reine Oxalsäure schwärzt sich beim Glühen nicht und verflüchtigt sich ohne Rückstand.

von Chamäleon zu Kohlensäure und Wasser oxydirt hat, neuerdings 25 ccm Oxalsäure und 5 ccm Schwefelsäure, erwärmt auf 60° C und titrirt mit Kaliumpermanganat bis zur gleichen Röthung. Der Verbrauch an Chamäleonlösung entspricht dieses Mal genau 25 ccm Oxalsäure; wir bezeichnen denselben mit Titer (Wirkungswerth).

Berechnung: Da 1 ccm Oxalsäure 2,8 mg Kalk anzeigt, so entsprechen 25 ccm einer Kalkmenge von 70 mg. Von der auf 300 ccm verdünnten Probe sind mit Chamäleon nur 100 ccm, also 1/3, titrirt worden, wir müssen daher das Ergebniss mit 3 multipliciren. Die Differenz dieses Produktes mit dem Titer drückt den eigentlichen Oxalsäureverbrauch in Chamäleonlösung aus; den entsprechenden Kalkgehalt erfährt man aus der Proportion

$$x = \frac{\text{Differenz} \times 70}{\text{Titer}}.$$

Beispiel:

zu 100 ccm der Flüssigkeit verbraucht	7,1	ccm	Chamäleon
„ 300 „ „ „ „	21,3	„	„
Titer der Oxalsäure	26,5	„	„
auf Kalk verbraucht 26,5—21,3 =	5,2	„	„

26,5 : 5,2 = 70 : x

sonach sind in den (auf 300 ccm verdünnten) 100 ccm Wasser 13,7 mg CaO oder im Liter 137 mg Kalk enthalten.

Bemerkungen. Bei hartem Wasser sind 50 ccm Oxalsäure zu nehmen, die Rechnung ändert sich dementsprechend.

Das Titriren mit Chamäleon lässt sich auch in einer Porcellanschale ausführen; der Eintritt der Farbenreaktion ist auf diese Weise schärfer zu erkennen.

7. Magnesia. Zum qualitativen Nachweis des Magnesiums fällt man in 30 ccm Wasser in der zuvor angegebenen Weise das Calcium als Oxalat aus, kocht und filtrirt. Zum Filtrat, das auf Zusatz von Ammoniumoxalat sich nicht mehr trüben darf, wird, nachdem es erkaltet ist, Natriumphosphatlösung und noch einige Tropfen Ammoniak gegeben. Beim Vorhandensein von Magnesium entsteht ein weisser krystallinischer Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, dessen Auftreten man durch Umrühren mit einem Glasstabe beschleunigen kann.

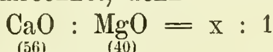
Die quantitative Bestimmung kann in der gleichen Weise geschehen, indem man zuletzt den Niederschlag auf einem Filter sammelt, glüht und als pyrophosphorsaure Magnesia wägt. Dieses Verfahren lässt sich bei einem grossen Magnesiagehalt auch titrime-

trisch zu Ende führen, indem man die Menge der Phosphorsäure im Niederschlag mit einer titrirten Lösung von Uranacetat bestimmt und aus ihr die Magnesia berechnet.

Eine andere, indessen keine empfehlenswerthe Methode besteht darin, dass man einerseits den Kalk- und Magnesiagehalt summarisch als Härte, andererseits den Kalkgehalt noch einzeln bestimmt und die Differenz der Ergebnisse als den Magnesiagehalt annimmt.

8. **Härte.** *) Die Carbonate von Kalk und Magnesia werden im Wasser durch Kohlensäure als Bicarbonate in Lösung gehalten. Durch Kochen lässt sich diese halbgebundene Kohlensäure austreiben, die Carbonate fallen sodann als weisser Niederschlag aus, mit ihnen kann die *vorübergehende Härte* durch Filtriren beseitigt werden. Die übrigen Erdsalze — Sulfate, Nitrate und Chloride von Calcium und Magnesium — welche in Lösung bleiben, bilden die *bleibende Härte* des Wassers.

Um die *Gesammthärte* eines Wassers zu ermitteln, verfährt man am sichersten in der Art, dass der Gehalt an Kalk und Magnesia einzeln bestimmt und der für Magnesia gefundene Werth, umgerechnet in die äquivalente Menge Kalk, zum gefundenen Kalkgehalt addirt wird. Man hat den Magnesiagehalt mit 1,4 zu multipliciren, wenn man auf Kalk umrechnet, denn



$$\underset{(56)}{CaO} : \underset{(40)}{MgO} = x : 1$$

z. B. an Calciumoxyd gefunden:

136 mg im Liter = 13,6 mg in 100,000 Th.

an Magnesiumoxyd gefunden:

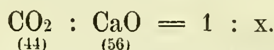
15 mg im Liter = 1,5 mg in 100,000 Th.

$1{,}5 \cdot 1{,}4 = 2{,}1$ mg Kalk

Härte $13{,}6 + 2{,}1 = 15{,}7^0$.

Die *vorübergehende Härte* kann man genau nur aus der Differenz des Ergebnisses der Bestimmungen von Kalk und Magnesia vor und nach dem Kochen des Wassers erfahren.

Unter der mitunter trügerischen Voraussetzung, dass die Kohlensäure, welche man mit v. *Pettenkofer's* Verfahren bestimmt, vorzugsweise an Carbonate von Kalk und Magnesia gebunden war, berechnet man die temporäre Härte auch *aus dem Kohlensäuregehalt*, indem man diesen, ausgedrückt auf 100000 Th., mit 1,27 multiplicirt; denn



$$\underset{(44)}{CO_2} : \underset{(56)}{CaO} = 1 : x.$$

In gleicher Weise gibt, wie oben mitgetheilt, der in kaltem,

---

*) Vgl. S. 19 und 148.

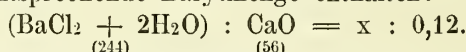
kohlensäurefreiem Wasser nicht lösliche Theil des Trockenrückstandes einigen Aufschluss über die vorübergehende Härte.

Die bleibende Härte wird aus der Differenz von Gesammthärte und vorübergehender Härte ermittelt. Ob man es bei der bleibenden Härte mit viel Gyps zu thun hat, ergibt sich aus der Schwefelsäurebestimmung.

Die summarische Härtebestimmung: Anstatt der Einzelbestimmungen von Kalk und Magnesia bedient man sich, insbesondere für Härtebestimmungen zu technischen Zwecken und Wasserversorgungsvorarbeiten, in der sog. Seifenprobe eines summarischen, abgekürzten Verfahrens. Dasselbe ist auf die Erscheinung begründet, dass das fettsaure Alkali der Seife sich mit den Salzen der Erdalkalimetalle und des Magnesiums zu unlöslichen Fettsäureverbindungen und löslichen Alkalisalzen umsetzt und dass sich beim Schütteln der Probe auf deren Oberfläche erst nach beendigter Umsetzung der Erdsalze ein bleibender Schaum bilden kann.

Von den gebräuchlichen 3 Verfahren (Clark, Boutron und Boudet, Wilson) findet im Folgenden das nach Clark, modificirt von Faisst und Knauss, eine kurzgefasste Beschreibung.

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Lösung von Bariumchlorid zum Einstellen der Seifenlösung, dieselbe soll in 100 ccm die 12 mg Kalk entsprechende Barytmenge enthalten:



$$\underset{(244)}{(BaCl_2 + 2H_2O)} : \underset{(56)}{CaO} = x : 0{,}12.$$

Es sind sonach 0,523 g krystallisirtes, trockenes Bariumchlorid zu 1 Liter zu lösen. — 2) Seifenlösung von welcher 45 ccm genau 100 ccm der Bariumsalzlösung entsprechen, also 12 Th. Kalk in 100 000 Th. Wasser (12 Härtegrade) anzeigen. Die Bereitung derselben geschieht auf empirischem Wege:

Man löst 20 Th. reiner Kaliseife in 1000 Th. Alkohol von 56 % Tr., verdünnt nach Bedarf mit Alkohol von der gleichen Stärke, bis die vorgeschriebene Concentration erzielt ist.

Ausführung: In ein Glas mit Glasstöpsel (Pulverglas), das 200 ccm fasst und für 100 ccm Inhalt eine Marke trägt, gibt man 10 ccm des zu prüfenden Wassers und füllt bis zur Marke mit destillirtem Wasser auf. Die titrirte Seifenlösung fügt man zur Wasserprobe aus einer Ausgussbürette oder einer mit Vaseline verdichteten Glashahnbürette hinzu und schüttelt von Zeit zu Zeit kräftig. Sobald der dabei auf der Oberfläche der Probe entstehende Schaum sich in dicht gedrängten, kleinen und gleichmässigen Blasen beim ruhigen Stehen 5 Minuten lang ohne wesentliche Veränderung hält, kann die Um-

setzung als vollendet gelten und ist das Hinzufügen von Seifenlösung einzustellen, die Bürette abzulesen.

Dieser ersten Probe lässt man eine zweite folgen, um den ermittelten Härtegrad genauer festzustellen. War nur wenig Seifenlösung das erste Mal verbraucht worden, wendet man eine geringere Verdünnung des Wassers an oder verzichtet selbst ganz auf dieselbe.

Es gilt als Regel, dass auf 100 ccm Wasser nicht mehr als 45 ccm Seifenlösung verbraucht werden. Uebrigens ist für die Verdünnung des Wassers nicht sowohl der Gesammtgehalt an Kalk und Magnesia maassgebend als besonders das unter dem Einfluss von Magnesiumverbindungen erfolgende Auftreten von schaumigen Häutchen und Krusten auf der Oberfläche der Probe, welches das Verfahren stört.

Berechnung: Eigentlich müsste nach Maassgabe des Titers jeder ccm der Seifenlösung $^{45}/_{12} = 3{,}75$ Härtegrade anzeigen. Da aber der Seifenverbrauch keineswegs der Härte einfach proportional ist, muss man sich einer auf empirischer Grundlage aufgestellten, Tabelle bedienen und aus ihr den entsprechenden Härtegrad ablesen beziehentlich durch Interpolation berechnen.

Seifenlösung	Härtegrad	Seifenlösung	Härtegrad	Seifenlösung	Härtegrad
3,4 ccm	0,5	18,9 ccm	4,5	33,3 ccm	8,5
5,4 „	1,0	20,8 „	5,0	35,0 „	9,0
7,4 „	1,5	22,6 „	5,5	36,7 „	9,5
9,4 „	2,0	24,4 „	6,0	38,4 „	10,0
11,3 „	2,5	26,2 „	6,5	40,1 „	10,5
13,2 „	3,0	28,0 „	7,0	41,8 „	11,0
15,1 „	3,5	29,8 „	7,5	43,4 „	11,5
17,0 „	4,0	31,6 „	8,0	45,0 „	12,0

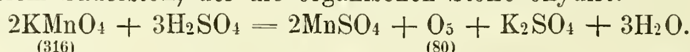
Der nach der Tafel gefundene Härtegrad ist schliesslich noch mit dem Verdünnungscoëfficienten zu multipliciren. Man habe z. B. für 50 ccm Wasser, welche auf 100 ccm verdünnt waren, 20,8 ccm Seifenlösung verbraucht. Nach der Tabelle zeigt diese Seifenmenge 5 Härtegrade an. Da aber in der Probe anstatt 100 ccm Wasser nur 50 ccm angewandt worden waren, so ist das Ergebniss noch mit 2 zu multipliciren.

Bemerkungen: Die Anwendung einer Tabelle schliesst nur unvollkommen die Fehlerquelle aus, welche in der ungleichen Umsetzung der verschiedenen Salze der Erdalkalimetalle und des Magnesiums vorliegt. Auch genügt die Verdünnung nicht als Cautele zur Verhütung von Fehlern, die aus der Bildung von Häutchen und Krusten auf der Oberfläche der Probe entstehen. Ein weiterer, übri-

gens wenig bedeutsamer Mangel des Verfahrens liegt noch in der zersetzenden Wirkung der freien Kohlensäure auf die Seife.

9. Organische Stoffe. Für den qualitativen Nachweis von organischen Stoffen im Wasser besitzt man im Eindampfen einer Probe von etwa 100 ccm und Glühen des Rückstandes ein geeignetes Verfahren (vgl. Glühverlust).

Wenn Kaliumpermanganat mit reducirenden Körpern, wie es die organischen Stoffe im Wasser zu grossem Theil sind, in Berührung kommt, verliert es einen Theil seines Sauerstoffes; es zerfällt das violette übermangansaure Salz in Gegenwart von freier Schwefelsäure zu einer farblosen Verbindung (schwefelsaurem Manganoxydul) und zu freiem Sauerstoff, der die organischen Stoffe oxydirt:



$$\underset{(316)}{2KMnO_4} + 3H_2SO_4 = 2MnSO_4 + \underset{(80)}{O_5} + K_2SO_4 + 3H_2O.$$

Dabei geben 2 Moleküle Chamäleon 5 Atome Sauerstoff oder 316 Gewichtstheile Chamäleon 80 Gewichtstheile Sauerstoff. Ist dagegen nicht genug Säure vorhanden, so fallen in feinster Zertheilung andere Manganverbindungen aus, z. B. Manganoxydhydrat und Mangansuperoxydhydrat, welche die Probe mitunter gelb bis braun färben.

Aus dem Verbrauch an Chamäleon wird auf die Menge des zur Reduktion der organischen Stoffe erforderlichen Sauerstoffs geschlossen. Da es aber schwierig ist, eine genaue und haltbare Probeflüssigkeit aus Chamäleon zu bereiten, wird das Verfahren unter Zuhilfenahme einer Oxalsäurelösung von bekanntem Wirkungswerth ausgeführt, welche leicht zu dosiren und constant zu halten ist.

Auch Eisenoxydul, salpetrige Säure und Schwefelwasserstoff reduciren Kaliumpermanganat. Man darf daher bei Beurtheilung der Angaben des vorliegenden Verfahrens die Frage nicht unbeantwortet lassen, ob der Verbrauch an Chamäleonlösung auf Rechnung der organischen Stoffe allein zu setzen ist oder nicht.

Quantitative Ermittelung der Oxydirbarkeit (Kubel).

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Chamäleonlösung; 0,3 g krystallisirtes Kaliumpermanganat gelöst zu 1 l. 2) verdünnte Schwefelsäure, 1 vol. zu 3 vol. Wasser. 3) Oxalsäurelösung, 0,63 krystallisirte, trockene Oxalsäure, gelöst zu 1 l.

Bevor man beim Bereiten der Oxalsäurelösung auf 1 l genau auffüllt, fügt man zum Zwecke der Conservirung 1 Tropfen einer concentrirten Sublimatlösung hinzu.

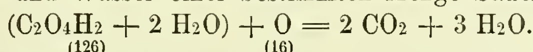
Ausführung: 100 ccm Wasser werden in einer Kochflasche von etwa 300 ccm Inhalt (oder einer Porcellanschale) mit 5 ccm Schwefelsäure und mit Kaliumpermanganatlösung aus einer Ausguss-

oder Glashahnbürette bis zur starken Röthung versetzt, zum Sieden erhitzt und 10 Minuten lang gekocht. Hierauf fügt man 10 ccm Oxalsäurelösung allmählich unter Schütteln (beziehungsweise Umrühren mit einem Glasstabe) hinzu und titrirt die Probe neuerdings mit Chamäleonlösung, bis eine bleibende, sehr schwache Röthung auftritt.

Die abgelesenen ccm Chamäleonlösung geben mit dem für die organischen Stoffe im Wasser verbrauchten Kaliumpermanganat auch die auf Reduktion der zugesetzten Oxalsäure verwendete Menge an. Um die letztere in Abzug bringen zu können, muss man den Titer der Oxalsäure ermitteln. Die Titerstellung kann entweder sofort an der vom Versuch übrig gebliebenen Flüssigkeit, die nunmehr frei ist von reducirenden Körpern, geschehen oder an destillirtem Wasser, indem man genau das Verfahren wiederholt.

Es ist zu berücksichtigen, dass das destillirte Wasser selten ganz rein von reducirenden Stoffen ist, wenn man es nicht unter Zusatz einer alkalischen Chamäleonlösung destillirt und die erste Fraktion beseitigt hat.

Berechnung: Die Oxalsäure bedarf zu ihrer Oxydation in Kohlensäure und Wasser einer bestimmten Menge Sauerstoff



$$(\underset{(126)}{C_2O_4H_2} + 2\,H_2O) + \underset{(16)}{O} = 2\,CO_2 + 3\,H_2O.$$

1 Molekül Oxalsäure beansprucht 1 Atom Sauerstoff oder 126 Gewichtstheile Oxalsäure 16 Gewichtstheile Sauerstoff. Da 316 Gewichtstheile Chamäleon 80 Gewichtstheile Sauerstoff geben, so oxydiren dieselben $^{80}/_{16} \times 126$ Gewichtstheile Oxalsäure. Die im Versuch angewandte Lösung enthält 0,63 g Oxalsäure im l, also 6,3 mg in den 10 ccm, welche sonach 3,16 mg krystallisirtem Kaliumpermanganat oder 0,8 mg Sauerstoff entsprechen.

Aus der für die organischen Stoffe abzüglich der für Oxalsäure verbrauchten Chamäleonmenge (n) und dem für 10 ccm Oxalsäure allein erforderlichen Quantum (t), lässt sich der Verbrauch an Sauerstoff (O) oder an Kaliumpermanganat (K) in mg auf 100 ccm Wasser mit folgenden allgemeinen Formeln berechnen:

$$O = \frac{n \cdot 0{,}8}{t} \text{ und } K = \frac{n \cdot 3{,}16}{t}$$

z. B. für organische Stoffe sammt Oxalsäure verbraucht
10,6 ccm Chamäleonlösung
für Oxalsäure allein verbraucht . . . 6,8 „ „
für organische Stoffe allein verbraucht 3,8 „ „

$$O = \frac{3{,}8 \cdot 0{,}8}{6{,}8} = 0{,}447 \text{ mg Sauerstoff auf 100 ccm Wasser oder 4,47 mg}$$

auf 1 l Wasser.

Bemerkungen: Indem ich in die Kritik der Chamäleonprobe eintrete, werde ich zugleich den übrigen Theil der auf die organischen Stoffe gerichteten Methodik besprechen und die bekannteren Verfahren, soweit erforderlich in Kürze darlegen; die anderen Methoden haben mit diesen das Princip gemein und sind zumeist nur als Modificationen derselben anzusehen. (Vgl. Kubel-Tiemann, Tiemann-Preusse[20], C. Flügge, E. Sell.)

1. Indirekte Bestimmung durch vollständige Analyse. Als „organische Substanz" wird in der berechneten Analyse die Differenz zwischen dem Gesammtrückstand und der Summe der einzelnen, im Wasser vorhandenen mineralischen Verbindungen bezeichnet. Diese rechnerische Ermittelung leidet an dem Fehler, dass die ihr zu Grunde gelegte Bestimmung des Rückstandes und Berechnung der Analyse die oben bezeichneten Mängel haben.

2. Bestimmung des Glühverlustes des Trockenrückstandes. Bei Beschreibung dieses Verfahrens habe ich dessen Mängel schon gekennzeichnet und dargethan, dass es eine befriedigende Auskunft über die Gesammtmenge der organischen Stoffe im Wasser nicht zu geben vermag.

3. Bestimmung des Kohlenstoff- und des Stickstoffgehaltes der organischen Stoffe.

a) Frankland und Armstrong ermitteln die Kohlenstoff- und Stickstoffmenge gleichzeitig in einer Portion des Wasserrückstandes durch Verbrennung: In einer abgemessenen Menge des Wassers (0,5 bis 1 l) werden die Carbonate, Nitrate und Nitrite durch Kochen während einiger Minuten unter Zusatz von schwefliger Säure- und Eisenchloridlösung zerstört und die Kohlensäure, Salpetersäure und salpetrige Säure beseitigt. Um etwa auftretende freie Schwefelsäure zu binden, fügt man nunmehr Natriumsulfit hinzu und dampft alsdann zur Trockene ein. Der Rückstand wird nach den Regeln der Elementaranalyse mit Kupferoxyd verbrannt, nachdem die Verbrennungsröhre zuvor mit der Luftpumpe evacuirt worden ist. Schliesslich führt man die gasförmigen Verbrennungsprodukte mittelst der Luftpumpe in ein Eudiometer über und verfährt im Weiteren nach Vorschrift der Gasanalyse.

Die Angaben dieser Methode sind trotz ihres grossen Aufwandes an Zeit und technischem Apparat keineswegs vollkommen genau: Es entziehen sich die in saurer Lösung flüchtigen organischen Stoffe der Rechnung, die nicht flüchtigen organischen Körper können unter der Einwirkung der schwefligen Säure und des gebildeten Eisenchlorürs beim Eindampfen Zersetzungen erleiden (Tiemann-Preusse), die Nitrate und Nitrite werden durch schweflige Säure nur dann vollständig zersetzt, wenn freie Schwefelsäure entsteht, welche aber auf die organischen Stoffe zerstörend wirkt. (Wanklyn-Chapman-Smith.)

Einen wesentlichen Fehler bedingt auch der Umstand, dass es höchst schwierig ist, die Verbrennungsröhre vollkommen luftleer zn machen, wie dies die gemeinsame Bestimmung von Kohlenstoff und Stickstoff verlangt. Der gefundene Stickstoffgehalt gehört nicht nur den organischen

Stoffen an sondern auch dem Ammoniak, so dass der Antheil des letzteren in Abrechnung gebracht werden muss.

b) Schulze, Bellamy, ferner Dittmar und Robinson führen die Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes, ähnlich wie bei der gewöhnlichen Elementaranalyse, an gesonderten Portionen aus, sie haben das Frankland-Armstrong'sche Verfahren zum Theil durch weitere Modificationen wohl etwas vereinfacht und abgekürzt, aber dessen Mängel nur zum geringeren Theil beseitigt (Tiemann-Preusse) und demselben auch nicht die für hygienische Untersuchungszwecke wünschenswerthe Handlichkeit gegeben.

4. Bestimmung des Stickstoffgehaltes einer gewissen Gruppe von organischen Stoffen, Methode von Wanklyn-Chapman-Smith.

Unter dem Einflusse einer alkalischen Lösung vom Kaliumpermanganat geben manche organische, eiweissartige Körper ihren Stickstoff in Form von Ammoniak ab. Diese Umsetzung erfahren nicht alle organischen Stoffe und die von ihr betroffenen verlieren ihren Stickstoff nur zum Theil und mehr oder weniger vollständig.

Nach Versuchen von Tiemann-Preusse geht z. B. der Stickstoffgehalt von Allantoin etwa zu $1/2$, salzsaurem Dimethylamin zu $1/3$, dagegen von Leucin, Tyrosin, Harnstoff, Asparaginsäure nahezu vollständig in Ammoniak über.

Das Verfahren wird in der Weise ausgeführt, dass man 500 ccm Wasser einer raschen Destillation unterwirft und das im Wasser vorhandene freie Ammoniak in den zuerst übergegangenen 200 ccm des Destillats bestimmt. Vom Rest des Wassers destillirt man, nachdem es mit 50 ccm einer Lösung versetzt, welche im Liter 200 g Kaliumhydrat und 8 g Kaliumpermanganat enthält und selbst ammoniakfrei ist, von Neuem etwa 150 bis 200 ccm über und ermittelt in diesem zweiten Theil des Destillats das von den organischen Stoffen gelieferte Ammoniak. (Albuminoid ammonia.) Die Ammoniakbestimmung geschieht auf colorimetrischem Wege mit Nessler's Reagens (s. unten).

5. Bestimmung der reducirenden Wirkung auf Chamäleonlösung.

Auf der Eigenthümlichkeit der in Wasser gelösten organischen Verbindungen, Kaliumpermanganat durch Reduktion zu entfärben, sind einige Methoden begründet:

a) Methode von Kubel, Verfahren in saurer Lösung (s. oben).

b) Methode von Schulze, Verfahren in alkalischer Lösung: Das Wasser wird in abgemessener Menge mit wenig Natriumhydrat und mit Chamäleonlösung in Ueberschuss 10 Minuten lang gekocht, hierauf mit verdünnter Schwefelsäure angesäuert und das nicht reducirte Kaliumpermanganat wie bei Kubel bestimmt.

c) Methode von Tidy: Man überlässt die wie nach Kubel präparirte Wasserprobe, anstatt zu kochen, einige Stunden bei Zimmertemperatur sich selbst und erfährt die Menge des umgesetzten Kaliumpermanganats durch Zusatz von Kaliumjodid und Titriren des durch das Kaliumpermanganat freigewordenen Jods mit Natriumhyposulfitlösung.

Die genannten Verfahren berücksichtigen auch die flüchtigen orga-

nischen Verbindungen, unter ihnen ist das Kubel'sche entschieden das einfachste und am meisten frei von Fehlerquellen (Tiemann-Preusse). Die organischen Verbindungen verhalten sich gegen Kaliumpermanganat sehr ungleichmässig, manche reduciren leicht und rasch, andere schwierig und langsam. Nach den Untersuchungen von Tiemann und Preusse nehmen dieselben beim Kochen mit Chamäleonlösung (Kubel) theils gar nicht, theils nur unvollkommen die zur vollständigen Oxydation erforderliche Sauerstoffmenge auf, z. B. Weinsäure zu $^4/_5$, Traubenzucker zu $^1/_2$, Rohrzucker zu $^1/_2$, Benzoesäure zu $^1/_{40}$, Phenol zu $^1/_2$, Asparagin zu $^1/_9$, Harnstoff 0, Allantoin zu $^1/_{40}$, Leucin zu $^1/_{10}$, Tyrosin zu $^1/_3$.

Wenn nun auch gleiche Mengen verschiedener organischer Verbindungen ungleiche Mengen Kaliumpermanganat reduciren, so hat immerhin das Kubel'sche Verfahren den Vorzug, dass bei verschiedenen Versuchen doch aufgleiche Mengen derselben organischen Substanzen stets dieselbe Menge Sauerstoff übertragen wird. Das Verfahren von Kubel kennzeichnet die stickstoffhaltigen organischen Körper nicht besonders, wie dies durch das Verfahren von Wanklyn-Chapman-Smith bis zu einem gewissen Grade geschieht, so dass das letztere als eine zweckmässige Ergänzung des ersteren empfohlen wird. (Tiemann-Preusse.)

6. Bestimmung der reducirenden Wirkung auf alkalische Silberlösung, Methode von Fleck. Auch alkalische Silberlösung wird von organischen Stoffen reducirt, nach Fleck sollen es ausschliesslich die leicht gährungs- und fäulnissfähigen Substanzen sein, welche diese Wirkung äussern: Blasenschleim, Harnsäure, gelöste Proteïnstoffe, Traubenzucker, Gallussäure u. s. w., dagegen nicht Milchsäure, Bernsteinsäure, gewisse Fettsäuren.

Das Verfahren besteht darin, dass man ein abgemessenes Quantum des Wassers mit einer überschüssigen Menge der alkalischen Silberlösung 10 Minuten lang kocht und alsdann mit einer Kaliumjodidlösung — unter Zuhilfenahme eines Indicators, einer Mischung aus gleichen Theilen concentrirter Salzsäure, Kaliumchromat- und Stärkelösung — titrirt, mit der man auch vor dem Versuch den Wirkungswerth der alkalischen Silberlösung festgestellt hat. Die letztere wird durch Auflösen von Silbernitrat in Natriumhyposulfitlösung unter Hinzufügen von Kaliumhydrat bereitet.

Aus vergleichenden Versuchen von Tiemann und Preusse geht hervor, dass die gleiche Menge derselben organischen Verbindungen im Allgemeinen stärker reducirend auf Kaliumpermanganatlösung als auf alkalische Silberlösung einwirkt und daher besser durch das erstere Reagens als durch das letztere nachzuweisen ist; auch flüchtige organische Verbindungen werden von der Chamäleonlösung noch etwas schärfer angezeigt. Wie Fleck selbst gefunden hat, wird das Ergebniss seiner Methode unsicher, wenn organische Verbindungen in verschiedener Concentration der alkalischen Silberlösung gegenüberstehen. Das Verfahren von Fleck bietet auch Schwierigkeiten in der Ausführung, da die Probeflüssigkeiten äusserst wenig haltbar sind und das Titriren mit denselben besondere Sorgfalt und Geduld verlangt. —

Sämmtlichen Verfahren, welche zur quantitativen Bestimmung der Menge der organischen Stoffe im Wasser, einzelner elementarer

Bestandtheile oder gewisser Wirkungen derselben angegeben sind, haften, wie wir gesehen haben, technische Mängel an, sie erreichen zumeist nur unvollkommen das ihnen gesteckte Ziel. Zum geringsten Theil sind es jedoch die Schwierigkeiten für die Untersuchungstechnik, welche dem Auffinden einer allgemein befriedigenden Methode im Wege stehen, vielmehr liegen dieselben in der Natur der Sache. Sind doch die „organischen Stoffe“, nach welchen gefragt wird, nur ein Sammelbegriff für ein Gemenge mannigfaltiger, nach Zusammensetzung und Eigenschaften verschiedenartiger, chemischer Verbindungen, welche überdies weder in chemischer noch in hygienischer Hinsicht eine so wesentliche gemeinsame Bedeutung haben, dass es nothwendig wäre, ihre Menge in einem Zahlenwerthe auszudrücken.

In Anbetracht, dass gleiche Theile der verschiedenen organischen Verbindungen sehr ungleiche Mengen Kohlenstoff und Stickstoff enthalten, kann die Methode von Frankland-Armstrong sammt ihren Modificationen auch nicht annähernd einen brauchbaren Aufschluss über die Gesammtmenge geben. Aus dem gleichen Grunde kennzeichnet sie durch ihr Ergebniss die im Wasser enthaltenen organischen Stoffe in ihrer hygienischen Bedeutung nur insofern, dass man aus dem Mengenverhältniss von Stickstoff und Kohlenstoff, d. h. aus dem Ueberwiegen des einen oder anderen, auf ein Vorherrschen von animalischen oder vegetabilischen Beimengungen schliessen kann, aber ohne dass sich daraus in Hinsicht der Schädlichkeit des nachgewiesenen organischen Materials ein bestimmtes Urtheil gewinnen liesse.

Von diesen principiellen Einwendungen sind aber auch die übrigen Verfahren nicht freizusprechen, welche den Ammoniakgehalt der mit Chamäleon leicht oxydirbaren organischen Körper bestimmen oder deren Oxydirbarkeit durch den Chamäleonverbrauch nachweisen wollen. Die Methode von Wanklyn-Chapman-Smith sowie die von Kubel bestimmen nicht etwa wie behauptet wird, hygienisch wohl charakterisirte Gruppen von organischen Verbindungen, welche über die Zuträglichkeit des Wassers entscheiden. Wir können vielmehr denselben beim heutigen Stande des Wissens gewiss noch nicht eine höhere Bedeutung zuerkennen, als die dass sie im Allgemeinen eine Verunreinigung des Wassers mit oxydationsfähigem, organischem Material anzeigen (vgl. S. 83). Da manche organische Verbindungen im Wasser viel, andere wenig Chamäleon reduciren, beziehungsweise Ammoniak dabei entwickeln, erhält man auch nicht einmal über das Mengenverhältniss, in welchem die fraglichen Körper im Wasser vorhanden sind, einen Bescheid.

Berechnung der organischen Substanz aus der Oxydir-

barkeit. Es war lange Zeit üblich, die Angaben des Kubel'schen Verfahrens nach dem Vorschlage von Wood auf „organische Substanz" zu berechnen und als solche in dem analytischen Berichte anstatt der „Oxydirbarkeit" anzugeben, welche man entweder in mg Kaliumpermanganat oder in mg Sauerstoff ausdrückt. Die Umrechnung geschah durch Multiplikation der verbrauchten Chamäleonmenge mit 5 oder des entsprechenden Sauerstoffquantums mit 20. Im Hinblick auf die dargelegte Unzulänglichkeit des Verfahrens sollte man im Weiteren auf die gedachte Ausdrucksweise lieber verzichten. Das Gleiche gilt für die Berechnung der organischen Substanzen aus dem Kohlenstoff- oder Stickstoffgehalte.

10. Schwefelwasserstoff. Das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff im Wasser wird zumeist schon in der Vorprüfung mit der Geruchs- und Geschmacksprobe erkannt, welche die chemische Reaktion im Allgemeinen an Empfindlichkeit übertrifft.

Der chemische Nachweis von Schwefelwasserstoff und löslichen Schwefelmetallen kann sowohl durch den Zusatz von alkalischer Bleilösung (Bleiacetat in Natronlauge) als auch von Nitroprussidnatrium in alkalischer Lösung zu etwa 30 ccm Wasser geführt werden. Die alkalische Bleilösung bildet mit Schwefelwasserstoff eine gelbbraune Färbung bis braunschwarzen Niederschlag; die Reaktion mit Nitroprussidnatrium ist eine rothviolette bis blauviolette Färbung.

Schwache Reaktionen sind nur durch Anwendung hoher Flüssigkeitsschichten (etwa 15 cm) zu erkennen, indem man z. B. enge Reagenscylinder benutzt und durch die Achse derselben nach einer weissen Unterlage sieht. Dabei ist es rathsam, eine Vergleichsprobe aus destillirtem Wasser mit der gleichen Menge des Reagens zu bereiten. Vergleichende Prüfungen verlangen unbedingt gleich hohe Schichten.

Um in der Prüfung nicht durch das Auftreten einer Trübung gestört zu werden, kann man zuvor die Metalle und die Carbonate der alkalischen Erden durch Hinzufügen von 3 ccm einer Mischung von Natriumhydrat- und Natriumcarbonatlösung (1 : 2) auf 100 ccm Wasser (in einem Cylinder oder Pulverglas mit Glasstöpsel) und darauf folgendes Decantiren entfernen.

11. Ammoniak. Sowohl zum qualitativen Nachweis als auch für die quantitative Bestimmung von Ammoniak dient Nessler's Reagens, eine alkalische Quecksilber-Kaliumjodid-Lösung, welche bei Gegenwart von Ammoniak eine gelbrothe Farbe bis rothe Fällung von Dimercuri-Ammoniumjodid liefert.

Auch für diese Prüfung gilt in Hinsicht der erforderlichen Höhe der Flüssigkeitsschicht und der Vergleichsprobe die für den Nachweis des Schwefelwasserstoffs gegebene Vorschrift. Ferner wird hier, zumal für die quantitative Prüfung, die vorherige Beseitigung der

alkalischen Erden, des Eisens u. dgl. durch Ausfällen mit Natriumhydrat-Natriumcarbonat-Lösung zur unerlässlichen Bedingung, da sonst die Nessler'sche Reaktion wesentlich beeinträchtigt würde.

Anstatt dieses Ausfällens kann man auch die Destillation des Wassers vornehmen und in den ersten 200 ccm des Destillats das Ammoniak bestimmen.

Zur quantitativen Bestimmung (Frankland-Armstrong) wird das Wasser mit einer Salmiaklösung von bekanntem Gehalt, die man ebenfalls mit Nessler's Reagens versetzt hat, unter gleichen Versuchsbedingungen (Mengenverhältniss, Schichthöhe, Temperatur u. dgl.) verglichen, und nöthigenfalls das Wasser oder die Vergleichsflüssigkeit mit destillirtem Wasser so lange verdünnt, bis beide den gleichen Farbenton zeigen. Dieses Verfahren ist vorzugsweise zur Ermittelung eines geringen Ammoniakgehaltes geeignet und genügt daher für die Wasseruntersuchung in der Mehrzahl der Fälle vollkommen.

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Nessler's Reagens. 2) Salmiaklösung, welche in 1 ccm genau 0,05 mg Ammoniak enthält. Man löst 3,147 g fein gepulvertes und bei 100° C. getrocknetes Ammoniumchlorid zu 1 l und erhält so eine Salmiaklösung, in welche auf 1 ccm genau 1,0 mg NH_3 kommen. Durch Verdünnung von 50 ccm dieser Lösung auf 1000 ccm wird eine schwächere Salmiaklösung hergestellt, von welcher 1 ccm genau 0,05 mg NH_3 entspricht.

3) Ammoniakfreies destillirtes Wasser zur Verdünnung. Man bereitet dasselbe eigens durch Destillation mit Natriumcarbonat und Beseitigung der ersten Fraktion.

Ausführung: Zur vergleichenden Prüfung nimmt man zwei vollkommen gleiche Glascylinder und gibt in dieselben das Wasser und die Vergleichsprobe in gleich hohen Schichten (etwa 20 cm).

Sehr zweckmässig sind die von Hehner angegebenen Cylinder, welche 110 ccm fassen, von unten nach oben in 100 ccm eingetheilt sind, von ihrem 100 ccm-Theilstrich bis zum flachen Boden die gleiche Höhe (etwa 20 cm) haben und unten seitlich, ungefähr beim Theilstrich 30, einen Ausfluss mit Glashahn besitzen.

Die Grenzen des Ammoniakgehaltes, innerhalb welcher man noch geringe Farbenunterschiede beim Vergleichen von zwei Proben erkennen kann, sind 0,1 mg und 0,005 mg NH_3 in 100 ccm Wasser, was für die Vergleichsprobe 2 ccm und $^1/_{10}$ ccm der verdünnten Salmiaklösung beträgt. Diesen Grenzen entsprechend hat man ein Wasser von stärkerem Ammoniakgehalt als 0,1 mg in 100 ccm zu

verdünnen und auf die colorimetrische Prüfung eines Wassers, das weniger als 0,005 mg NH_3 in 100 ccm enthält, zu verzichten.

Das Verfahren wird in folgender Weise ausgeführt: Man gibt in den einen Cylinder (A) zunächst 2 ccm der verdünnten Salmiaklösung, sowie 2 ccm Nessler's Reagens und füllt mit destillirtem Wasser zu 100 ccm auf. Ebenso wird der andere Cylinder (B) mit 2 ccm Nessler's Reagens und dem zu untersuchenden Wasser beschickt, von dem man übrigens nur so viel hinzufügt, dass die Färbung noch minder intensiv ist als die der Vergleichsprobe.

Erreicht die Wasserprobe (B) auf diese Weise nicht 100 ccm, so hat man mit destillirtem Wasser noch aufzufüllen, wenn dagegen die Vergleichsprobe (A) im Verhältniss zur Wasserprobe viel zu stark gefärbt, so ist eine neue mit geringerem Salmiakzusatz zu bereiten.

Endlich bringt man beide Cylinder auf eine weisse Unterlage und versucht in denselben den gleichen Farbenton dadurch herzustellen, dass man von der stärker gefärbten Flüssigkeit (A) mittelst des Ausflusshahnes ausfliessen lässt. Für die Berechnung ist die Menge des in Untersuchung genommenen Wassers, der Ammoniakgehalt der Vergleichsprobe und die schliessliche Menge der letzteren zu notiren.

Berechnung: Beispielsweise haben 50 ccm Wasser im Cylinder B eine gleich starke Reaktion ergeben, als 80 ccm im Cylinder A, der mit 2 ccm der verdünnten Salmiaklösung (= 0,1 mg NH_3) beschickt war. Man hat sonach in 50 ccm Wasser $\frac{80}{100} \cdot 0{,}1 = 0{,}08$ mg Ammoniak oder im Liter 1,6 mg gefunden.

12. Salpetrige Säure, Nitrite. Das Vorhandensein von salpetriger Säure im Wasser kann entweder mit Zinkjodidstärkelösung oder mit Metaphenylendiaminlösung nachgewiesen werden.

Die erstere Reaktion beruht darauf, dass die salpetrige Säure, wenn man zum Wasser Zinkjodidstärkelösung und einige Tropfen concentrirter Schwefelsäure gibt, aus Zinkjodid Jod in Freiheit setzt, wodurch eine Bläuung des Stärkekleisters beziehentlich der Wasserprobe bewirkt wird. Das Metaphenylendiamin (= Metadiamidobenzol) setzt sich in dem, gleichfalls mit Schwefelsäure angesäuerten, Wasser mit der salpetrigen Säure zu Triamidoazobenzol (Phenylenbraun) um, das dem Wasser eine gelbe bis gelbrothe Färbung ertheilt.

Die beiden Reaktionen sind sehr empfindlich und gewinnen dadurch an Werth, weil salpetrige Säure nur in geringen Mengen im Wasser vorkommt. Man hat dieselben auch colorimetrischen Verfahren mit Erfolg zu Grunde gelegt, und zwar wird nach Tromms-

dorff die Zinkjodidstärke und nach Tiemann und Preusse[21] des Metaphenylendiamin angewandt. Die Trommsdorff'sche Methode gibt nur bei Abwesenheit von Eisen ein brauchbares Resultat, weil Eisenoxyd ebenfalls Zinkjodidstärke zersetzt und sonach wie die salpetrige Säure eine Bläuung bewirkt, was auch für die qualitative Probe zu beachten ist.

Dem Verfahren mit Metaphenylendiamin gebührt unbedingt der Vorzug vor dem anderen, da es weniger Fehlerquellen hat.

Quantitative Bestimmung nach Tiemann-Preusse. An Probeflüssigkeiten für dasselbe sind erforderlich: 1) eine Nitritlösung für die Herstellung von Vergleichsproben, welche in 1 ccm genau 0,01 mg N_2O_3 enthält. Die Nitritlösungen sind nicht haltbar, es kommt in denselben leicht zu einer Oxydation der salpetrigen Säure zu Salpetersäure. 2) verdünnte Schwefelsäure (1 : 3). 3) Metaphenylendiaminlösung (5 g gelöst zu 1 l); um die Lösung haltbar zu machen, fügt man wenig verdünnte Schwefelsäure hinzu.

Selbst die sog. chemisch reine Schwefelsäure gibt bisweilen schon an und für sich eine Reaktion auf salpetrige Säure und Salpetersäure. Wie E. Reichardt mittheilt, kann man die betreffenden Stickstoffverbindungen in der Regel durch ein- oder mehrmaliges Erhitzen der Schwefelsäure bis zum Sieden mit sehr wenig Schwefel zersetzen und entfernen. Dieselbe darf nach dem Erkalten nicht mehr die Brucinreaktion geben. Uebrigens ist schon wiederholt der Verdacht rege geworden, dass das sog. reine Brucin, welches sowohl salpetrige Säure als auch Salpetersäure bei Gegenwart freier Schwefelsäure unter Rosafärbung reducirt, mitunter selbst Verunreinigungen enthält, welche dann irrthümlicher Weise der Schwefelsäure zugeschrieben werden. Es dürfte sich sonach für die Prüfung der Schwefelsäure die Diphenylaminreaktion besser eignen (s. Salpetersäure).

Ausführung: Im qualitativen und quantitativen Verfahren wendet man von der Schwefelsäure und dem Reagens je 1 ccm auf 100 ccm an. Für die Versuchsanordnung der quantitativen Methode dient die Frankland-Armstrong'sche Bestimmung des Ammoniaks uns zum Muster.

Es ist bei Anordnung der genannten Verfahren, wie aller colorimetrischen Methoden, eine wesentliche Bedingung, dass man Trübungen oder Färbungen, welche dem zu prüfenden Wasser eigen sind, oder solche, welche erst während des Versuchs neben der Reaktion in störender Weise auftreten könnten, von vornherein ausschliesst. Zumeist genügt das Ausfällen mit Natriumhydrat-Natriumcarbonat-Lösung (vgl. Schwefelwasserstoff und Ammoniak).

Das Metaphenylendiamin wird unter dem Einflusse des Lichtes von selbst gelb bis braun, es ist daher das Reagens in dunklen Glas-

gefässen aufzubewahren und bei der Versuchsanordnung die direkte Einwirkung des Sonnenlichtes fern zu halten.

Bemerkungen: Die erwähnten colorimetrischen Verfahren eignen sich nur für die Bestimmung von geringen Mengen salpetriger Säure, die Grenze der Unterscheidbarkeit von Farbennüancen liegt für die Zinkjodidstärkereaktion zwischen 0,01 mg und 0,04 mg N_2O_3 und für die Metaphenylendiaminreaktion zwischen 0,03 mg und 0,003 mg N_2O_3 in 100 ccm. Gegenüber einem an salpetriger Säure reichen Wasser sieht man sich, um den durch zu starke Verdünnung entstehenden Fehler zu vermeiden, auf die von St. Gilles, Feldhaus und Kubel ausgearbeitete Methode angewiesen, welche den Gehalt an salpetriger Säure titrimetrisch mit Chamäleon- und Eisenammoniumsulfatlösung ermittelt; geringere Mengen als 0,1 bis 0,2 mg N_2O_3 in 100 ccm kann man mit derselben nicht bestimmen.

13. Salpetersäure, Nitrate. Die qualitative Analyse stellt eine Anzahl von Reaktionen zum Nachweis der Salpetersäure zu Gebote; von diesen sind die mit Brucin, Zinkjodidstärke und Diphenylamin am gebräuchlichsten.

1. Die Brucinreaktion. Auf ein flaches Porcellanschälchen oder den Deckel eines Porcellantiegels führt man mittelst eines Glasstabes einen kleinen Tropfen des zu prüfenden Wassers und 2 Tropfen einer gesättigten Brucinlösung (etwa 1 : 800 Wasser) über und fügt tropfenweise concentrirte Schwefelsäure hinzu. Je nach der Höhe des Salpetersäuregehaltes tritt die Reaktion schon bei Zusatz der ersten Tropfen Schwefelsäure ein.

Es genügen 5 Tropfen fast stets und tritt dann keine Reaktion ein, so ist weniger Salpetersäure vorhanden, als 20 bis 30 mg i. l. Man kann die Empfindlichkeit der Reaktion dadurch verstärken, dass man 1 ccm Wasser zur Trockne eindampft und den Rückstand mit Brucinlösung und Schwefelsäure unmittelbar prüft (E. Reichhardt).

Die Brucinlösung reagirt aber auch auf salpetrige Säure, man hat daher durch die Metaphenylendiamin-Reaktion noch die Abwesenheit von Nitriten nachzuweisen.

2. Die Zinkjodidstärkereaktion. Zu 30 ccm Wasser in einem Reagenscylinder gibt man, nachdem sie mit concentrirter Schwefelsäure angesäuert, ein Stückchen reines Zink und fügt Zinkjodidstärkelösung hinzu. Der von Zink und Schwefelsäure entwickelte nascirende Wasserstoff reducirt die Salpetersäure zu salpetriger Säure, welche Jod in Freiheit setzt und blaue Jodstärke bildet, sodass die Bläuung der Wasserprobe eintritt.

Um zu sehen, inwieweit an der Reaktion etwa im Wasser vorhandene Nitrite betheiligt sind, stellt man daneben eine zweite Prüfung an, die ohne Zinkzusatz aber sonst unter annähernd gleichen Bedingungen ausgeführt wird.

3. Die Diphenylaminreaktion. Auf ein flaches Porcellanschälchen oder den Deckel eines Porcellantiegels bringt man ein Körnchen reinen Diphenylamins, fügt concentrirte Schwefelsäure in Ueberschuss hinzu und lässt 1 Tropfen des zu prüfenden Wassers am Rande der Flüssigkeit zufliessen. Eine intensive Blaufärbung verräth schon die Gegenwart geringer Mengen von Salpetersäure und salpetriger Säure. Ob man den Befund allein auf Salpetersäure beziehen darf, ergibt sich aus dem Resultat der Prüfung auf salpetrige Säure.

Es ist unbedingt nöthig, darauf zu achten, dass selbst die sog. reine Schwefelsäure nicht immer frei von salpetriger Säure ist (s. oben, salpetrige Säure).

Auch für die quantitative Prüfung auf Nitrate sind einige Methoden zur Wahl gestellt, von welchen nur die auf die Entfärbung des Indigofarbstoffs durch die Salpetersäure und die auf Umwandlung der Salpetersäure durch Eisenchlorür in Stickoxyd und Bestimmung des letzteren allgemeine Aufnahme gefunden haben.

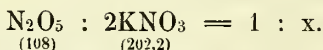
1. Methode von Marx-Trommsdorff. Indigoblau wird in einem Nitrate enthaltenden Wasser, das man durch Hinzufügen von concentrirter Schwefelsäure rasch auf eine Temperatur von 120° C. erhitzt hat, oxydirt und dadurch entfärbt. Mit Hilfe dieser Reaktion erfährt man den Salpetersäuregehalt aus dem Verbrauch an Indigolösung, wenn man deren Wirkungswerth gegenüber einer Nitratlösung von bekanntem Gehalt festgestellt hat. Die Reduktion der Nitrate ist als beendet anzusehen, sobald die Farbe der hinzugesetzten Indigolösung nicht wieder völlig verschwindet.

Das Erkennen dieser Endreaktion wird bei starkem Nitratgehalte schwierig, weil die Oxydationsprodukte des Indigos nicht farblos sondern bräunlichgelb sind, so dass schon bei geringen Nitratmengen die Reaktion nicht mehr blau, sondern blaugrün ausfällt. Daraus ergibt sich die Nothwendigkeit, das Wasser unter Umständen zu verdünnen.

Chloride im Wasser begünstigen die Empfindlichkeit der Reaktion, so dass man, wo dieselben fehlen, gern etwas Kochsalz zusetzt (1 ccm Kochsalzlösung (1%) unter 25 ccm Wasser).

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Indigolösung. Eine nach Vorschrift aus 1 Th. Indigotin, 6 Th. rauchender Schwefelsäure, 40 Th. Wasser bereitete Indigolösung verdünnt man mit destillirtem Wasser,

bis die Lösung in Schichten von Bürettenweite anfängt, durchsichtig zu werden, und stellt sie schliesslich so ein, dass 6 bis 8 ccm der Lösung 1 mg N_2O_5 anzeigen. 2) Salpeterlösung, welche in 1 ccm genau 1 mg N_2O_5 enthält:



$$\underset{(108)}{N_2O_5} : \underset{(202,2)}{2KNO_3} = 1 : x.$$

Es sind 1,872 g trockenes Kaliumnitrat zu 1 l zu lösen. 3) Concentrirte Schwefelsäure. 4) Kochsalzlösung 1 %; (s. Chlorbestimmung).

Ausführung: Da der Indigoverbrauch wesentlich von der Temperatur der Flüssigkeit abhängt, ist es von Belang, dass der Versuch in möglichst kurzer Zeit und zwar sowohl das Titerstellen wie die Prüfung mit dem gleichen Zeitaufwand erledigt wird; aus demselben Grunde muss das Säureverhältniss (50 ccm Schwefelsäure auf 25 ccm Wasser) stets das gleiche sein.

Es gilt daher als Regel das erstmalige Ergebniss nur als das eines Vorversuchs anzuerkennen und einen zweiten, womöglich einen dritten Versuch anzustellen, in welchem man die nach Maassgabe des Vorversuchs erforderliche Menge der Indigolösung ohne Unterbrechung rasch zufliessen lässt und alsdann noch tropfenweise zu Ende titrirt.

Um zunächst den Wirkungswerth der Indigolösung festzustellen, nimmt man in eine kleine Kochflasche 1 ccm der Salpeterlösung, 1 ccm der Kochsalzlösung und 23 ccm destillirtes Wasser, gibt zu diesen 25 ccm Flüssigkeit 50 ccm Schwefelsäure, wodurch plötzlich eine starke Erhitzung entsteht, und titrirt mit der Indigolösung unter Schütteln der Probe rasch bis zur bläulich-grünen Färbung. Zum zweiten Versuch werden 2 ccm Salpeterlösung, 1 ccm Kochsalzlösung und 22 ccm destillirtes Wasser angewandt.

Die Prüfung des Wassers selbst wird in der gleichen Weise ausgeführt. Man nimmt zunächst 25 ccm Wasser; falls diese mehr Indigolösung beanspruchen als 3 mg N_2O_5 entspricht, ist für den nächsten Versuch das Wasser zu verdünnen.

Berechnung: z. B. es wurden gefunden:

Titer der Indigolösung 6 ccm = 1 mg N_2O_5
verbraucht auf 25 ccm Wasser = 14,1 ccm Indigolösung
" " 1000 " " = 564 " "

564 : 6 = x : 1

sonach im Liter nachgewiesen 94 mg N_2O_5.

Bemerkungen: Im Wasser vorhandene, leicht zersetzliche organische Verbindungen sind dazu angethan, das Resultat zu trüben, indem sie Salpetersäure reduciren, so dass weniger Indigolösung oxydirt wird, als dem wirklichen Gehalt an Nitraten entspricht. Nach

den Versuchen von Kubel-Tiemann lässt sich dieser nachtheilige Einfluss, wenn auch nicht vollständig, so doch einigermaassen, durch vorherige Oxydation stark verunreinigter Wässer mit Chamäleonlösung beseitigen.

Die Methode liefert — vorausgesetzt, dass unter gleichen Versuchsbedingungen und unter Beachtung aller Cautelen gearbeitet wird — in den meisten Fällen nur bis 5 %, bei sehr stark verunreinigten Wässern bis 15 % Fehler (Flügge). Für praktische Zwecke, welche nur eine annähernde Schätzung der Nitrate verlangen, genügt das Marx-Trommsdorff'sche Verfahren. Die Einfachheit der Ausführung, durch welche es sich vor den anderen Methoden auszeichnet, hat ihm bisher seine Stellung in der hygienischen Methodik noch gewahrt. Für eine genaue Bestimmung der Nitrate wird das auf Ueberführung der Salpetersäure in Stickoxyd basirte folgende Verfahren angewandt, welches alle gerechten Ansprüche befriedigt.

2. Methode von Schulze-Tiemann. Man schickt dem Versuch eine Indigoprobe voraus, um annähernd den Salpetersäuregehalt zu erfahren. Für den Fall, dass 25 ccm des zu prüfenden Wassers weniger als 1,5 mg N_2O_5 enthalten, muss man dasselbe einengen.

Im Versuch werden 50 ccm Wasser (oder 100 ccm und mehr eingedampft auf 50 ccm) in einem Kölbchen unter Luftabschluss auf etwa 10 ccm eingeengt, hierauf wird Eisenchlorürlösung und Salzsäure hinzugefügt, so dass die Nitrate zu gasförmigem Stickoxyd zersetzt werden. Das entwickelte Stickoxydgas fängt man unter Natronlauge in einer engen Gasmessröhre auf und liest die Menge nach den Regeln der Gasanalyse ab.

1 ccm des durch Rechnung auf 0° C. und 760 mm Luftdruck reducirten NO entspricht 2,418 mg N_2O_5.

Bezüglich des Näheren der Anordnung und der Bedingungen des Versuchs verweise ich auf die Anleitungen von Kubel-Tiemann und Flügge, da eine vollständige Beschreibung der Ausführung des Verfahrens den Rahmen dieses Handbuches überschreiten würde.

14. Freie und halbgebundene Kohlensäure. Im Wasser finden wir die Kohlensäure theils als freies Gas gelöst, theils halbgebunden an Carbonate, indem sie dieselben als Bicarbonate in Lösung hält, theils festgebunden an Alkalien, alkalische Erden und Metalle (Eisen, Magnesium).

Die freie und die halbgebundene Kohlensäure im Wasser wird gewöhnlich gemeinsam in einer Reaktion nachgewiesen, indem man sie durch Zusatz von Kalkwasser (1/3) als Calciumcarbonat fällt, welches eine in Salzsäure unter Aufbrausen lösliche, weisse

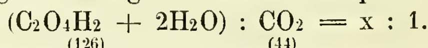
Trübung beziehungsweise einen Niederschlag bildet. Der Versuch ist unter Ausschluss der Luft in einem mit Korkstöpsel verschlossenen Reagenscylinder auszuführen.

Das Vorhandensein von freier Kohlensäure kann man nach v. Pettenkofer durch Hinzufügen von 2 Tropfen einer alkoholischen Rosolsäurelösung (1 : 500) zu 20 ccm Wasser daraus erkennen, dass sich die Rosolsäure, wenn die freie Kohlensäure fehlt, mit den Bicarbonaten zu rosolsaurem Salz umsetzt, wodurch das Wasser eine rosarothe Farbe annimmt; dagegen wird das Wasser, wenn freie Kohlensäure in merklichem Grade vorhanden, durch den Rosolsäurezusatz schwach gelblich gefärbt.

Zur quantitativen Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure besitzt man im Verfahren von v. Pettenkofer eine sehr brauchbare Methode. Das Princip desselben beruht darin, dass ein gemessenes Volum einer mit Oxalsäure titrirten Lösung von Bariumhydrat einer bestimmten Menge Wasser zugesetzt und diese Mischung, nachdem die Kohlensäure einen Theil des Barytwassers in neutrales Bariumcarbonat übergeführt hat, mit Oxalsäure gleichfalls titrirt wird. Da die Oxalsäure so eingestellt ist, dass 1 ccm von ihr die gleiche Menge Barytwasser neutralisirt wie 1 mg Kohlensäure, so zeigt die Differenz der Titer des Barytwassers und der Mischung uns genau die Kohlensäuremenge an, welche auf das Barytwasser eingewirkt hat. Das Verfahren erfordert einen Zusatz von Bariumchlorid und Salmiak zur Mischung.

Das Bariumchlorid setzt sich mit den Alkalicarbonaten zu Alkalichloriden und Bariumcarbonat um und kommt so einem störenden Einflusse zuvor, welchen die Alkalicarbonate in Gegenwart von Bariumcarbonat durch Bildung von Alkalioxalaten beim Titriren ausüben können. Das Ammoniumchlorid soll die Abscheidung von Magnesiumverbindungen ganz verhüten, weil dieselbe doch nicht vollständig geschehen würde; Magnesiumcarbonat geht mit Bariumhydrat in Bariumcarbonat und Magnesiumhydrat über und bleibt letzteres als Aequivalent für die umgesetzte Menge Bariumhydrat in Lösung.

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Oxalsäurelösung, von welcher 1 ccm genau 1 mg Kohlensäure entspricht:



$$\underset{(126)}{(C_2O_4H_2 + 2H_2O)} : \underset{(44)}{CO_2} = x : 1.$$

Es sind demnach 2,8636 g krystallisirter, trockener Oxalsäure zu lösen auf 1 l. 2) Bariumhydratlösung, von welcher 45 ccm etwa 40—50 ccm Oxalsäure zur Neutralisirung verlangen. 3) Rosolsäure als Indicator, 1 Theil gelöst mit 500 Theilen Weingeist von 80 % Tr. 4) Bariumchlorid-Salmiaklösung. Man verdünnt eine Mischung von

30 ccm einer gesättigten neutralen Bariumchloridlösung und 20 ccm einer gesättigten Ammoniumchloridlösung mit destillirtem Wasser zu 1 l. Eine zu concentrirte Lösung, wie man sie früher angegeben hat, kann die schlimme Nebenwirkung zeigen, dass sie Calciumcarbonat und Bariumcarbonat in Lösung hält.

Ausführung. Man gibt 100 ccm Wasser in eine etwa 1/4 l fassende Flasche, welche mit Glas- oder Gummistöpsel gut verschliessbar ist, setzt zu demselben 5 ccm der Bariumchlorid-Salmiaklösung und fügt 45 ccm vom Barytwasser hinzu, das man zuvor mit Oxalsäure unter Anwendung von Rosolsäure als Indicator titrirt hat. Alsdann wird die Flasche wohlverschlossen stehen gelassen, bis der Niederschlag krystallinisch geworden ist und sich abgesetzt hat; denn die amorphen Carbonate reagiren alkalisch und sind zum Theil noch in Wasser löslich. Nach 12 Stunden kann man die Titrirung vornehmen und zwar, indem man einzelne Proben von je 50 ccm der 150 ccm betragenden Mischung mit der Pipette behutsam entnimmt.

Berechnung. Da beim Titriren nur der dritte Theil der Mischung der Oxalsäure gegenübersteht, hat man das Ergebniss mit 3 zu multipliciren.

z. B. Titer des Barytwassers 43,9 ccm Oxalsäure = mg CO_2
Titer der Mischung 23,4 " " = " "
Differenz 20,5 ccm Oxalsäure = mg CO_2.

Es wurden sonach gefunden auf 100 ccm Wasser 20,5 mg CO_2
auf 1 l " 205 " CO_2.

Die ungefähre Menge der im Wasser vorhandenen freien Kohlensäure lässt sich berechnen: Durch Multiplikation der deutschen Grade der temporären Härte mit 0,786 ergibt sich annäherungsweise die Menge der gebundenen Kohlensäure, die man nur von dem Ergebniss des v. Pettenkofer'schen Verfahrens, von der freien und halbgebundenen Kohlensäure in Abzug zu bringen hat, da ihr die gleiche Menge halbgebundene Kohlensäure entspricht (Kubel-Tiemann). (Vgl. die umgekehrte Rechnung auf Härte S. 165.)

15. Sauerstoff. Zur quantitativen Bestimmung des Sauerstoffs kommen derzeit zwei Methoden in Anwendung, von welchen die eine gasvolumetrisch (Reichardt) die andere titrimetrisch (Schützenberger-Risler) arbeitet. Tiemann und Preusse[22] haben diese Verfahren, neben einer älteren Titrirmethode von Mohr, die sich nicht bewährt hat, einer eingehenden Prüfung unterzogen und dem Reichardt'schen Apparat eine etwas andere Gestalt gegeben.

Im gasvolumetrischen Verfahren treibt man, nachdem die Luft aus dem Apparat mit verdünnter Natronlauge vollständig ver-

drängt ist, die gelösten Gase aus einem bestimmten Volum des zu prüfenden Wassers durch Erhitzen aus und zwar nach einem mit der Kochflasche durch ein Glasrohr in Verbindung stehenden Gassammler und führt dieselben nach dem Eudiometer über. Als Sperrflüssigkeit für den Gassammler dient verdünnte Natronlauge, welche die Kohlensäure aus den entbundenen Gasen entfernt. Der eudiometrische Theil des Versuchs wird nach den Vorschriften von Bunsen ausgeführt.

Beim titrimetrischen Verfahren versetzt man ein bestimmtes Volum des Wassers im Ueberschuss mit einer Lösung von indigoweisssulfosaurem Natrium. Von diesem wird durch den freien Sauerstoff des Wassers ein Theil unter Bläuung der Mischung zu indigoblausulfosaurem Natrium oxydirt, welchen man durch Titriren mit einer Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium bestimmt. Das letztere Salz verwandelt das indigoblausulfosaure Natrium zurück in indigoweisssulfosaures und damit die blaue Farbe der Mischung in eine hellgelbe. Der Wirkungswerth dieser Probeflüssigkeit wird zuvor durch Titriren mit einer ammoniakalischen Kupferlösung von bestimmtem Gehalt festgestellt. Um die Einwirkung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft im Versuch auszuschliessen wird dieselbe durch Einleiten von Wasserstoff aus dem Apparate verdrängt.

Nach den Erfahrungen von Tiemann und Preusse geben beide Verfahren brauchbare Resultate, nur ist deren Ausführung keineswegs einfach und leicht, sie verlangt vielmehr besondere Fertigkeit in der Laboratoriumstechnik und eine specielle Einübung.

Bezüglich der Einzelheiten dieser Methoden, der Beschreibung des erforderlichen Apparates, der Bereitung der Probeflüssigkeiten, der Vorschriften für die Versuchsanordnung muss ich — in Berücksichtigung der meinen Erörterungen hier gezogenen Grenzen — auf die Specialarbeiten von Reichardt[23], Schützenberger und Risler[24], Tiemann und Preusse, sowie auf die Darlegungen des Flügge'schen Handbuchs verweisen.

16. Eisen. Das Wasser kann Eisen sowohl in Form von Oxydulsalzen als auch von Oxydsalzen enthalten (vgl. Seite 19).

Der Nachweis von Oxydulsalzen wird dadurch geführt, dass man etwa 20 ccm des frisch entnommenen Wassers mit Salzsäure leicht ansäuert und mit einigen Tropfen einer Lösung von Ferridcyankalium (rothem Blutlaugensalz) versetzt. Bei Gegenwart von Eisenoxydulsalzen tritt eine Fällung von Turnbull's Blau (Ferroferricyanid) ein, welche bei grosser Verdünnung nur dunkelblaugrün erscheint.

Für den Nachweis von Oxydsalzen hat man zwei Reaktionen. Man versetzt das Wasser zunächst mit Salzsäure, um die

Eisenverbindungen zu lösen und fügt zu einzelnen Proben im Reagenscylinder

a) Ferrocyankalium (gelbes Blutlaugensalz), welches mit Ferriverbindungen eine Fällung von Berliner Blau (Ferriferrocyanid) gibt.

b) Rhodankalium, welches eine blutrothe Färbung von Ferrisulfocyanid bewirkt.

17. Blei, Kupfer, Zink. Der qualitative Nachweis von Blei, Kupfer und Zink wird in nachstehendem Untersuchungsgang geführt:

200 ccm des zu prüfenden Wassers werden, nachdem sie mit Salzsäure angesäuert, mit Schwefelwasserstoffwasser versetzt, oder es wird Schwefelwasserstoffgas eingeleitet. Ist Blei oder Kupfer zugegen, so entsteht ein schwarzer Niederschlag von Blei- oder Kupfersulfid, den man abfiltrirt, das Filtrat wird später auf Zink geprüft.

Man löst den Niederschlag in heisser, verdünnter Salpetersäure (1 : 2) und wendet zunächst auf Blei folgende Reaktionen an.

a) Zusatz von Schwefelsäure bewirkt eine weisse Fällung von Bleisulfat, welche auf Hinzufügen von Alkohol deutlicher wird. Mit Schwefelwasserstoff wandelt sich Bleisulfat wieder in Bleisulfid um.

b) Zusatz von Kaliumbichromat liefert eine gelbe Fällung von Bleichromat, die löslich ist in Kalilauge, schwer löslich in Salpetersäure (Zonenreaktion).

Kupfer wird nachgewiesen durch

a) Einlegen von blankem, metallischem Eisen; nach 10 Minuten bis ½ Stunde tritt eine Verkupferung der Oberfläche ein.

b) Ammoniakzusatz bewirkt eine tiefblaue Färbung von Kupferammoniakverbindungen.

c) Hinzufügen von Ferrocyankalium (gelbem Blutlaugensalz) führt zu einem chocoladefarbenen Niederschlag von Kupferferrocyanid.

Zur Prüfung des Filtrats auf Zink hat man dasselbe, da die Zinksalze mit Schwefelwasserstoff nur in alkalischer oder essigsaurer Lösung, aber nicht bei Gegenwart von freier Mineralsäure fällbar sind, mit Natronlauge im Ueberschuss zu versetzen, zu filtriren und das Filtrat mit Schwefelwasserstoff zu behandeln. Zink gibt sich durch das Entstehen eines weissen Niederschlags von Zinksulfid zu erkennen, das in Essigsäure unlöslich ist.

Abkürzung und Vereinfachung der Analyse.

Wie auf anderen Gebieten der hygienischen Methodik hat man auch für die Trinkwasserprüfung wiederholt Vorschläge zur Abkürzung des Untersuchungsganges oder Vereinfachung der einzelnen Ver-

fahren der chemischen Analyse gemacht. Es wurde von mir schon darauf hingewiesen, dass durchaus nicht für alle Fälle das Bedürfniss vorliegt, den üblichen Untersuchungsgang strenge einzuhalten und dass man nicht selten der Fragestellung Genüge leistet, wenn man die Prüfung oder Beobachtung auf einzelne, leicht und prompt zu ermittelnde Bestandtheile beschränkt, z. B. auf die Chlorbestimmung nach Mohr zur Controle des Reinlichkeitszustandes der Brunnen.

Wenn auch im Allgemeinen von den quantitativen Bestimmungen eher ein zweckdienlicher Aufschluss über den Grad der Reinheit zu erwarten ist als von den qualitativen Reaktionen, so sind wir doch in manchen Fällen, z. B. in eilig zu beantwortenden Fragen der Versorgung, zu einer Beschränkung der Analyse auf den qualitativen Theil vollkommen berechtigt. Proben im Reagenscylinder geben bisweilen einen brauchbaren Bescheid, wenn man in der Lage ist, das zu prüfende Wasser mit einem als rein bekannten zu vergleichen, indem an beiden die Reaktionen unter gleichen Bedingungen nebeneinander ausgeführt werden. Ein derartiges Vorgehen kann sich auch nützlich erweisen, wenn ein normales Wasser als Vergleichsobjekt fehlt und unter zwei oder drei Bezugsquellen von unbekannter Qualität die reinste mit einfachen Mitteln der Prüfung ohne Aufschub ausgewählt werden soll, wie dies z. B. im ärztlichen Felddienst mitunter erfordert wird. Boehr[25] und Hiller[26] haben für derartige Zwecke versucht, den Untersuchungsapparat in eine compendiöse und zum Transport auf Märschen und Reisen geeignete Form zu bringen und dementsprechend die Verfahren der chemischen Analyse modificirt.

Nach Boehr's Vorschlag wird das Wasser im Reagenscylinder vergleichend untersucht mit der Abänderung, dass dabei als Vergleichsobjekt nicht ein normales, natürliches Wasser dient, sondern Controllösungen, welche in dem zum Versuch anzuwendenden Volum die der Zulässigkeitsgrenze entsprechende Menge des fraglichen Wasserbestandtheiles enthalten.

Die Kriegs-Sanitäts-Ordnung[27] vom 10. Januar 1878, welche Trinkwasseruntersuchungen übrigens nur bei länger dauernder Benutzung einer Bezugsquelle, bei langen Kantonnirungen u. dgl. vorschreibt (S. 264), schliesst sich im Princip den Vorschlägen von Boehr an. Die Anleitung der Kaiserlichen Marine für die Versorgung der Schiffe mit Trinkwasser[28] macht von derartigen Abkürzungen keinen Gebrauch.

Hiller benutzt neben seiner Bestimmung des specifischen Gewichtes und der Durchsichtigkeit (vgl. Vorprüfung) für eine abgekürzte Untersuchung auf gelöste Bestandtheile Reagentien von bekanntem Wirkungswerth und lässt damit in der Weise verfahren,

dass man eine dem Grenzwerthe entsprechende Dosis derselben mit dem zu prüfenden Wasser austitrirt, ähnlich wie im minimetrischen Verfahren der Kohlensäurebestimmung nach Smith-Lunge die Menge der Luft gemessen wird, welche im Barytwasser eine Trübung erzeugt.

Beide Vorschläge haben den Fehler gemeinsam, dass ihnen allgemeine Grenzwerthe zur Grundlage dienen, welchen man schon in Anbetracht der wechselnden Beschaffenheit des normalen Wassers jede Berechtigung absprechen muss. Dieser Mangel wäre indessen, wenigstens wo die Anwendung solcher Methoden auf bestimmte Gegenden beschränkt ist, dadurch zu begleichen, dass man die Dosirung der Controllösungen oder Probeflüssigkeiten den örtlichen Verhältnissen anpasst.

In Hinsicht der Ausführung der Verfahren gebe ich gern zu, dass man nach dem Princip von Boehr oder Hiller für manche Fälle der Praxis befriedigende Schätzungswerthe findet — aber doch nur unter der Voraussetzung, dass derjenige, welcher danach arbeitet, auch sonst mit der Technik der Wasseranalyse und ihren Mängeln vertraut ist und sich auf die Deutung ihrer Angaben versteht. Ich bin indessen nicht der Meinung, dass der Hygieniker von Fach für die Trinkwasseranalyse oder andere Gebiete der Untersuchung noch der mit besonderer Rücksicht auf die Verpackung ausgearbeiteten Methoden bedarf.

Es wäre übrigens ein grosser Irrthum, wenn man glauben wollte, dass die Schwierigkeiten, welche die Beurtheilung eines Wassers selbst dem Fachmann verursachen, in der Untersuchungstechnik liegen und schon durch eine Vereinfachung der Methoden dem Arzte zu helfen sei. Nur die Beurtheilung des Ergebnisses der Untersuchung bereitet Verlegenheiten, welchen uns die genaueste quantitative Bestimmung der Wasserbestandtheile ebensowenig entzieht als das schönste Taschenbesteck für eine expedite Prüfung.

Literatur. 1) F. Fischer, Die chem. Technologie d. Wassers. Braunschweig 1880. — 2) A. Wagner, Ueber die Ursache der Neigung mancher Wässer zur Sinterbildung. Bayer. Industrie- u. Gewerbeblatt 1877. S. 323. — 3) W. Roth u. R. Lex, Handb. d. Militär-Gesundheitspflege. Berlin 1872. I. S. 53. — 4) L. Pappenheim, Handb. d. Sanitätspolizei. 2. Aufl. Berlin 1870. Bd. 2, „Wasser". — 5) J. Nowak, Lehrb. d. Hygiene. Wien 1881. S. 24. — 6) F. Cohn, Ueber den Brunnenfaden. Beiträge z. Biologie d. Pflanzen. Bd. 1. Breslau 1875. S. 108. — 7) O. Brefeld u. W. Zopf, Untersuchungen d. Tegeler Wassers. Bericht a. d. Magistrat der Stadt Berlin 1879; W. Zopf, Untersuchungen über Crenothrix polyspora, die Ursache d. Berliner Wassercalamität. Berlin 1879. — 8) Magnus, Artikel „Algen" bei H. Eulenberg, Handb. d. öffentl. Gesundheitswesens. Berlin 1881. Bd. 1. S. 91. — 9) O. Harz, Mikroskopische Untersuchung des Brunnenwassers f. hygien. Zwecke. Zeitschr. f. Bio-

logie. Bd. 12. 1876. S. 75. — 10) C. v. Nägeli, Die niederen Pilze. München 1877. S. 140. — 11) The Analyst. 1881. vol. VI. — 12) E. Frankland, Ueber Trinkwasser. A. W. Hofmann's Ber. üb. d. Entwickelung d. chem. Industrie etc. Braunschweig 1875. S. 53. — 13) F. Fischer, Das Trinkwasser, s. Beschaffenheit, Untersuchung u. Reinigung. Hannover 1873; W. Kubel, Anleitung zur Untersuchung v. Wasser. 2. Aufl., u. F. Tiemann, Braunschweig 1874; F. Sutton, A systematic handbook of volumetric analysis. 3. edit. London 1876; J. A. Wanklyn, Water analysis. 4. edit. London 1876; C. R. Fresenius, Anleitung zur quantitativen Analyse. 6. Aufl. 2. Bd. 2. Liefg. Braunschweig 1878; F. Fischer, Chemische Technologie d. Wassers. Braunschweig 1878. S. 119; F. S. B. de Chaumont, Vortrag auf d. Congress des Sanitary institute von Grossbritannien 1879: Ueber gewisse Punkte in Bezug auf Trinkwasser, Rohrleger (Gesundheitsingenieur) 1879. Nr. 21 u. 22; E. Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. 4. Aufl. Halle a/S. 1880; F. Tohmann, Muspratts Chemie. 3. Aufl. Bd. VII. Braunschweig 1880. S. 313; C. Flügge, Lehrb. der hygienischen Untersuchungsmethoden. Leipzig 1881. 3. Abschnitt. — 14) L. Radlkofer, Mikroskopische Untersuchung d. organischen Substanzen im Brunnenwasser. Zeitschr. f. Biologie 1865. Bd. 1. S. 26; F. Cohn, Ueber die Brunnenfaden mit Bemerkungen über d. mikroskopische Analyse d. Brunnenwassers. Beiträge zur Biologie der Pflanzen 1875. Bd. I. 1. Hft. S. 108; F. Cohn, Untersuchungen über Bacterien, ibidem 2. Hft. S. 127, 3. Hft. S. 141, ibidem Bd. II. 2. Hft. S. 249; J. D. Macdonald, A guide to the microscopical examination of drinking water. London 1875; A. Hill Hassal, A microscopical examination of the water supplied to the habitants of London and the suburban districts. London 1850; A. Hill Hassal, Food. London 1876. S. 38; Corn. B. Fox, Sanitary conditions of water, air and food. London 1878. p. 127; R. Koch, Verfahren zur Untersuchung, zum Conserviren und Photographiren der Bacterien. Beiträge zur Biologie der Pflanzen 1877. Bd. II. 3. Hft. S. 399; R. Koch, Zur Untersuchung von pathogenen Organismen. Mittheilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte. Bd. I. Berlin 1881. S. 1; B. Eyferth, Die mikroskopischen Süsswasserbewohner. Braunschweig 1877; B. Eyferth, Die einfachsten Lebensformen. Braunschweig 1878; B. Eyferth, Schizophyten u. Flagellaten. Braunschweig 1879; L. Hirt, Ueber die Principien u. die Methode d. mikroskopischen Untersuchung des Wassers. Zeitschr. f. Biologie 1879. Bd. XV. S. 91; E. Eidam, Der gegenwärtige Standpunkt d. Mykologie. 2. Aufl. Berlin 1873 (3. Aufl. 1883 im Druck); C. Flügge, Lehrb. d. hygien. Untersuchungsmethoden (s. sub 12) sowie Abschnitt „Fermente" dieses Handbuchs 2. Thl. 1. Abthlg.; C. Friedländer, Mikroskopische Technik. Kassel-Berlin 1882. — 15) C. Weigert, Zur Technik d. mikroskopischen Bacterienuntersuchungen. Virchow's Archiv Bd. 84. 2. Hft. S. 275. — 16) R. Koch, siehe unter 12, ferner Untersuchungen über die Aetiologie d. Wundinfectionskrankheiten. Leipzig 1878, und Die Aetiologie d. Tuberkulose. Berliner klinische Wochenschrift 1882. Nr. 15. — 17) P. Ehrlich, Methodologische Beiträge zur Physiologie und Pathologie der verschiedenenen Formen von Leukocyten. Zeitschr. f. klinische Medicin 1880. I. S. 553; ferner Ueber das Methylenblau und seine klinisch-bakterioskopische Verwerthung. Zeitschr. f. klinische Medicin 1881. II. S. 710, und Vortrag im Verein f. innere Medicin zu Berlin: Ueber eine Methode zur Färbung des Bacillus d. Tuberkulose. D. medicin. Wochenschrift 1882. Nr. 19. — 18) Bachmann, Leitfaden zur Anfertigung von mikroskopischen Dauerpräparaten. München 1879. — 19) E. Sell, Ueber Wasseranalyse. Mittheilungen aus dem Kaiserl. Gesundheits-Amte. Bd. I. Berlin 1881. S. 360. — 20) F. Tiemann u. C. Preusse, Ueber den Nachweis der organ. Substanzen im Wasser. Berichte d. D. chem. Gesellschaft 1879. Heft Nr. 14. S. 1906. — 21) F. Tiemann u. C. Preusse, Ueber Bestimmungen der salpetrigen Säure. Berichte d. D. chem. Gesellschaft 1878. S. 627. — 22) F. Tiemann u. C. Preusse, Ueber die quantitative Bestimmung d. im Wasser gelösten Sauerstoffs. Berichte d. D. chem. Gesellschaft 1879. Hft. 14. S. 1768. — 23) E. Reichardt, Zeitschrift f. analyt. Chemie 1872. S. 271. — 24) Schützenberger u. Risler, Bulletin de la société chimique 1873. t. XIX. p. 152, und t. XX. p. 145. — 25) Vierteljahrsschr. f. ger. Med. u. öffentl. Sanitätswesen 1876. Bd. 25. S. 384; ibidem 1877. Bd. 27. S. 540 und 1879. Bd. 30. S. 119. — 26) A. Hiller, Kurze Anleitung zur physikalisch-chemischen Trinkwasser-Untersuchung. Berlin 1878 (Vortrag in der militärärztlichen Gesellschaft zu Berlin vom 21. Jan. 1878). — 27) Kriegs-Sanitäts-Ordnung v. 10. Januar 1878. Berlin 1878. — 28) Marineverordnungsblatt 1879. S. 36.

FÜNFTES CAPITEL

Beurtheilung der Quantität des Wassers.

Verbrauch und Bedarf.

Die Wasserversorgung wird ihrer Bestimmung als wesentliches Glied in der Reihe der gesundheitstechnischen Werke, deren Ausführung den Gemeinden zur Pflicht gemacht ist, nur dann in vollem Umfange entsprechen, wenn sie im Interesse der Verbesserung des Reinlichkeitszustandes am Körper, im Hause und auf der Strasse ein reichlicher bemessenes Quantum Wasser an die Bewohner abgibt als zu deren Lebensunterhalt unbedingt erforderlich ist. Man versteht dementsprechend unter „Wasserbedarf“ jene pro Kopf und 24 Stunden zu liefernde Menge, welche die Deckung aller Bedürfnisse (der häuslichen, gewerblichen und öffentlichen) ohne Einschränkung aber auch ohne Vergeudung gestattet.

Ueber das Minimum der Wasserverabreichung, mit welchem erfahrungsgemäss der Mensch den Bedürfnissen seiner Person Genüge leisten kann, geben uns die Kostsätze auf Auswandrerschiffen einigen Aufschluss. Nach Mittheilungen von Reincke[1] erhält

a) der Schiffsmann pro Tag
auf Schiffen aus Hamburg 4,54 l,
" " " Bremen und Lübeck bis 6 l,
" " " Altona mindestens 3,5 l;

b) der erwachsene Auswanderer pro Woche
nach Vorschriften von Hamburg und Bremen { nördl. d. Wendekreises 19,5 l, südl. d. Wendekreises 22,3 l,
nach Vorschriften von New-York und England 27 l.

Die einheitliche Zuleitung.

Die in Hinsicht der Menge zu stellende Forderung findet eine natürliche Begrenzung darin, dass die besten Bezugsquellen der Versorgung gewöhnlich nicht die ergiebigsten sind. Eine Uebertreibung des Wasserbedarfs kann sonach zur Collision mit den Ansprüchen an die Qualität führen.

Es gab eine Zeit, in der die Gemeinden diesem Dilemma glaubten damit aus dem Wege gehen zu können, dass sie ihre Fürsorge zunächst nur auf die Beschaffung eines vorzüglichen Trinkwassers richteten und entweder die Bewohner zur Deckung des Bedarfs an Brauchwasser auf die am Orte in Pumpbrunnen oder Flussläufen vor-

handenen Wasservorräthe verwiesen oder selbst für Nutzzwecke Wasser von geringer Qualität in einer gesonderten Leitung aus der Nähe zuführten. Aus hygienischen und aus technischen Gründen kommt man von diesem System der gesonderten Zuleitung mehr und mehr wieder ab.

Es spricht gegen dasselbe theils die Einsicht, dass man nicht berechtigt ist, an die Reinheit des Brauchwassers, namentlich des im Hause zu verwendenden Nutzwassers, geringere Ansprüche als an die des Trinkwassers zu stellen, theils die Erfahrung, dass bei gesonderten Leitungen anstatt der bestimmungsgemässen Verwendung des Wassers verkehrter Weise häufig das Brauchwasser zum Trinken und Kochen und das Trinkwasser zu anderen Zwecken benutzt wird. Ueberdies ist zu erwägen, dass im Allgemeinen die Anlage- und Betriebskosten der Versorgung durch die Herstellung einer zweiten Leitung, und wenn dieselbe das Wasser auch aus der nächsten Umgebung dem Verbrauchsorte zuführt, nicht unerheblich vertheuert werden.

Unter diesen Umständen ist es vollkommen gerechtfertigt zu fordern, dass die Wasserversorgung in einer einheitlichen Leitung nicht allein das Wasser zum Trink- und Hausbedarf, sondern auch für die gewerblichen Bedürfnisse und öffentlichen Zwecke liefere.

Qualität und Quantität.

In Anbetracht, dass unser Princip, vorzügliche und zugleich reichliche Bezugsquellen zu erschliessen, an vielen Orten nahezu unüberwindliche technische oder finanzielle Schwierigkeiten in der Ausführung findet, kann die Lösung der Versorgungsfrage in der Mehrzahl der Fälle nur durch eine Nachgiebigkeit auf der einen oder anderen Seite erreicht werden.

Heutzutage herrscht die Meinung vor, dass das zum Ausgleich der Ansprüche erforderliche Entgegenkommen von jenen zu verlangen sei, welche der Qualität eine höhere Bedeutung als der Quantität beimessen. Gegen diese Auffassung lässt sich nichts einwenden, wenn zur Toleranz in der Qualität nicht eine Uebertreibung im Wasserbedarf drängt und wenn die Nachgiebigkeit nur Eigenschaften betrifft, welche wir wohl als mehr oder weniger wünschenswerth, nicht aber als unbedingt erforderlich erachten.

Im Sinne dieser Voraussetzungen ist für die Gesundheitspflege die Prüfung der üblichen Ansprüche an die Wassermenge eine ebenso wichtige Aufgabe als die Erörterung der Bedingungen in Hinsicht der Beschaffenheit; ihr Interesse muss beiden in gleichem Maasse

gelten, zumal die Bevorzugung der einen unbedingt die Vernachlässigung der anderen im Gefolge hat.

Die Ermittelung des Bedarfs.

Die Grösse des erforderlichen Wasserquantums wird entweder nach Erhebungen über den durchschnittlichen Verbrauch für die einzelnen Zwecke, welchen das Wasser dient oder auf Grund von Erfahrungen über den täglichen Gesammtverbrauch pro Kopf der Bewohner festgestellt. Da aber erfahrungsgemäss mit der Erleichterung der Entnahme des Wassers der Verbrauch anfangs erheblich wächst, darf bei Projektirung von centralen Wasserwerken nicht der bisherige Bedarf bei Pumpbrunnen oder bei einer unvollkommenen Leitungsanlage zu Grunde gelegt werden, vielmehr können nur die Ansprüche maassgebend sein, welche sich an anderen Orten nach Einführung einer zweckmässigeren Versorgung mit der Zeit entwickelt haben. Dabei ist freilich zu erwägen, dass sich je nach den lokalen Verhältnissen in der Menge des Verbrauchs Unterschiede ergeben, indem derselbe sich nach den Sitten und Gewohnheiten (Bäder, Wasserclosets u. s. w.), sowie dem Wohlstande der Bevölkerung, nach der Grösse und baulichen Anlage des Versorgungsortes, nach der Entwicklung von Gewerbe und Industrie und dem Vorherrschen gewisser Zweige derselben richtet, welche viel Wasser verbrauchen, wie Brauereien, Stärkefabriken, Färbereien.

Bei Beurtheilung des Consums der einzelnen Städte fällt noch sehr die Art der Wasserabgabe ins Gewicht und fragt es sich z. B., ob dieselbe mit oder ohne Anwendung von Wassermessern, ob in continuirlichem oder intermittirendem Betriebe erfolgt. Wo die Entnahme gegen Zahlung eines bestimmten Betrages dem Belieben des Consumenten anheimgestellt ist, wächst der Wasserverbrauch mehr und mehr über alle Maassen in Folge von Vergeudung und Unachtsamkeit gegen Leckage, während bei einer durch Wassermesser controlirten Abgabe sich der Consum in viel bescheideneren Grenzen hält.

Z. B. beträgt der Verbrauch für alle Bedürfnisse pro Kopf und 24 Stunden durchschnittlich

bei controlirter Abgabe		bei uncontrolirter Abgabe	
Berlin*)	80 l	Frankfurt a/M.**)	138 l
Wiesbaden**)	65 „	Magdeburg**)	170 „
Breslau*)	81 „	Düsseldorf***)	157 „

Wenn die Versorgungsanlage nur zu gewissen Tageszeiten Wasser abgeben kann, sind Behälter in den Häusern erforderlich, welche einen

*) Nach Gill u. Fölsch[2]), **) nach Schmick[3]), ***) nach Grohmann[3]).

Vorrath für die übrige Zeit aufzunehmen haben; solche Reservoire werden gewöhnlich vorsichtshalber etwas grösser angelegt als zur Verhütung von Wassermangel unbedingt nöthig ist. Nun hat die Erfahrung in London, Hamburg und anderen Städten gezeigt, dass bei derartigen Einrichtungen die Bewohner in dem Verlangen nach einem frischen Wasser, kurz vor der Lieferung des neuen Wasserquantums das Wasser aus dem Behälter ablaufen lassen, wodurch gewisse Verluste bedingt sind.

Wie sehr diese Art der Wasserabgabe eine Vergeudung zur Folge hat, geht aus direkten Messungen des in den Abzugskanälen unbenutzt abfliessenden Wassers hervor; so betrug dieses Abwasser in London während des Anlassens einer Hauptgruppe 0,6, einer anderen sogar 0,71 des ganzen Tagesverbrauchs; eine dritte Hauptgruppe gebrauchte nur 0,394 des ihr wirklich zugewiesenen Wasserquantums (A. Frühling[4]), L. A. Veitmeyer[5]).

Diesen wechselnden lokalen Bedingungen entsprechend differiren die zahlreichen Angaben über den Wasserverbrauch der Städte ungemein.

Die in der Fachliteratur vorliegenden Aufzeichnungen sind derzeit noch nicht geeignet, einen brauchbaren Aufschluss über den wirklichen Bedarf der Bewohner uns zu geben, weil die ihnen zu Grunde liegenden Erhebungen das Material nicht gesichtet, sondern ohne Rücksicht auf die vorhandene Ungleichartigkeit zusammengetragen haben. Ueberdies stehen mitunter in derselben als Verbrauchsziffern Zahlen über das disponible Wasserquantum neben Ziffern über die thatsächliche Abgabe für alle Zwecke der Versorgung, oder neben Angaben über das nur an die bewohnten Grundstücke mit Ausschluss des Wassers für den gewerblichen und öffentlichen Bedarf gelieferte Quantum.

Im Hinblick auf diese Verhältnisse kann ich nur allen Ernstes davor warnen, die Frage des Wasserverbrauchs als eine abgeschlossene zu betrachten, vielmehr liegt das dringendste Bedürfniss vor, derselben durch einheitliche Erhebungen näher zu treten, wie dies der Verein von Gas- und Wasserfachmännern Deutschlands schon durch eine diesbezügliche Enquete auf Antrag von P. Schmick[3]) anerkannt hat.

A. Bürkli[6]) gibt an, dass bei mässigem Wasserverbrauch in den Häusern zwischen 135 bis 189 l pro Kopf und Tag und bei reichlicherer Abschwemmung dagegen 203 bis 270 l verbraucht werden. Man müsse daher die Einrichtungen so treffen, dass sie sich auch dem letzteren Bedarf anpassen lassen. Immerhin seien die vorgesehenen 270 Liter für den grössten Bedarf erst $^2/_3$ desjenigen, der

sich in New-York wirklich gezeigt hat; von der gesammten Wassermenge werde zum Trinken allerdings weniger als 1 % verbraucht.

Nach Erhebungen von E. Grahn[7] über die Wasserversorgung in 80 deutschen Städten betrug im Jahre 1875 die disponible Wassermenge pro Kopf und Tag durchschnittlich 179 l, der wirkliche Verbrauch nur 63 l, die Wasserabgabe für öffentliche Bedürfnisse 11 l pro Kopf und Tag und für gewerbliche Zwecke 24,3 % des Gesammtwasserverbrauchs.

B. Salbach[8] nimmt auf Grund der bisherigen Erfahrungen den Wasserbedarf pro Kopf der Einwohner kleiner Ortschaften und des Landes zu 45 bis 50 l auf 24 Stunden an, und normirt den Bedarf grösserer Ortschaften in Rücksicht auf die Zunahme der Bevölkerung

bei 2000 bis 5000 Einwohnern auf 100 l,
bei über 5000 Einwohnern auf 120 l und

in grossen Städten auf 150 bis 200 l einschliesslich des von der Stadt selbst benöthigten Wassers (zum Strassensprengen, Feuerlöschen, Bewässerung der Gartenanlagen u. s. w.) und des Consums der Kleinindustrie.

Als Wasserbedarf für den Viehstand rechnet man nach Salbach erfahrungsgemäss

für	ein	Pferd	50 l
„	„	Rind	40 „
„	„	Schwein	20 „
„	„	Fuhrwerk	65 „

für Dampfkesselspeisung und andere technische Zwecke, für grössere Badeeinrichtungen, Luxuspferde, Fontainen u. dgl. ist der Wasserbedarf besonders zu ermitteln und beim Brauchwasser in Rechnung zu stellen.

Nach König-Poppe[9] wird die Wasserversorgung mit 150 bis 170 l pro Kopf und Tag für die Ansprüche in deutschen Städten wohl in den meisten Fällen und für alle Zwecke ausreichen. Wo für Trinkwasser und Brauchwasser getrennte Leitungen verlangt werden, sei der Bedarf zum Trinken und zur Speisebereitung etwa auf 25 l pro Kopf und Tag zu veranschlagen und hätte die Brauchwasserleitung die Lieferung von weiteren 120 bis 130 l zu übernehmen.

König-Poppe gibt in der S. 194 folgenden Tabelle einige Anhaltspunkte über den Wasserconsum für verschiedene Zwecke:

Für Brauereien rechnet man als Wasserverbrauch das Vierfache des gebrauten Bieres, für eine mittlere Feuerspritze stündlich 17 cbm.

Bei Anlage und Betrieb von Wasserwerken hat man als einen wichtigen Umstand zu berücksichtigen, dass der Verbrauch nach

	Eine Person täglich	Ein Pferd u. dgl. täglich	Reinigen eines zweiräderigen Wagens	Reinigen eines vierräderigen Wagens	Zu einem Bad	Dampfmaschine per Pferdekraft und Stunde		Besprengen von 100 qm	
						Hochdruckmaschine	Condensationsmaschine	Strassen einmalig	Gärten u. Anlagen jährlich
Verbrauch i. l	25	75	40	70	300	35	800	100	50 800

Tages- und Jahreszeiten und selbst nach Wochentagen ein sehr unregelmässiger ist. Im Allgemeinen ist der Consum am Tage stärker als bei Nacht und zwar am stärksten in den Stunden von Vormittags 8 Uhr bis Nachmittags 6 Uhr; es beträgt derselbe in diesen 10 Stunden 65,2 % des Gesammtverbrauchs, während auf die Zeit von Abends 8 Uhr bis Morgens 6 Uhr nur 17,2 % entfallen. Der grösste Verbrauch in einer Stunde findet in der Zeit von 11—12 Uhr Vormittags mit 7,76 und 3—4 Uhr Nachmittags mit 7,86 % statt, was also etwa dem zwölften Theil des ganzen täglichen Verbrauchs und dem doppelten des durchschnittlichen stündlichen entspricht.

Unter den Wochentagen zeigt der Samstag einen höheren Verbrauch für Haushaltungszwecke (zum Reinigen der Wohnungen), an Sonntagen ist der Bedarf der Gewerbe und der Industrie zumeist erheblich vermindert.

In den einzelnen Jahreszeiten fällt der höchste Verbrauch in die Monate Juni und Juli mit etwa 7,9 % über dem mittleren monatlichen Consum, der geringste in die Monate Januar und Februar mit etwa 6,9 % unter dem Durchschnitt, sonach beträgt die Differenz 14,8 % (König-Poppe).

Die Menge des zu beschaffenden Wassers muss so bemessen sein, dass die Versorgungsanlage ohne Unterbrechung zu jeder Tages- und Jahreszeit allen Ansprüchen auf Jahre hinaus Genüge leisten kann. In allen Fällen ist bei der Anlage auf die Vergrösserung der Stadt und die Zunahme der Bevölkerung Rücksicht zu nehmen und zwar ist unter Zuhilfenahme statistischer Erfahrungen im Allgemeinen das Projekt so zu berechnen, dass die Leistungsfähigkeit auch noch für eine Steigerung der vorhandenen Einwohnerzahl von ¼—⅓ ausreicht und dass selbst im Falle eines weiteren Bevölkerungszuwachses die Anlage ohne erhebliche Mehrkosten eine Vergrösserung zulässt (A. Frühling, a. a. O.).

Der Nachweis der Ergiebigkeit und Nachhaltigkeit.

Bevor man sich für die eine oder die andere Art des Bezuges entscheidet, ist es in besonderem Maasse wichtig, durch wiederholte Messungen, welche längere Zeit hindurch in regelmässigen Zwischenräumen stattfinden, die Ergiebigkeit der fraglichen Wasservorräthe zu ermitteln und deren Schwankungen kennen zu lernen. Die Bezugsquellen sind zur Versorgung nur dann geeignet, wenn sie auch zur Zeit ihrer geringsten Ergiebigkeit die verlangte Menge liefern können.

Die Quellen sind gewöhnlich im Winter am wenigsten ergiebig, aber es kommen auch solche vor, deren geringste Wassermenge in den Spätsommer, also in eine Zeit mit stärkerem Wasserverbrauch fällt.

Es ist unbedingt erforderlich, die Messungen lange Zeit, mindestens über Jahresfrist hinaus, fortzusetzen und besonders auch auf trockene Jahrgänge zu erstrecken. Vor allen Dingen ist diese Ausdehnung der Beobachtungszeit bei Quellen angezeigt, da deren Nachhaltigkeit erfahrungsgemäss oft fraglich ist.

Mit der periodischen Bestimmung der Wassermengen ist die Beobachtung der Temperatur und eine Entnahme von Wasserproben zur Prüfung des chemischen Bestandes jeweils zu vereinigen.

*Messung des frei fliessenden Wassers.**)

Je nach der Grösse des zu messenden Wasserlaufes bedient man sich verschiedener Methoden: Wassermessung mittelst Eichens, mittelst Ausflussöffnungen oder mittelst Geschwindigkeits- und Querprofils-Bestimmung.

Das Eichen wird gewöhnlich nur bei kleineren Wassermengen angewandt und besteht im Wesentlichen darin, dass man das Wasser in ein Gefäss von bekanntem Inhalt (I) laufen lässt und die Zeit (T) beobachtet, innerhalb welcher die Füllung erfolgt. Der Wasserzufluss Q beträgt für die Zeiteinheit $Q = \frac{I}{T}$.

Es wurde auch schon im Grossen von dieser Methode Gebrauch gemacht, um die Leistungsfähigkeit von Wasserleitungen zu prüfen, indem man die Zeit ermittelte, welcher das Hochreservoir, dessen Fassungsraum genau berechnet war, zu seiner Füllung bedurfte.

Das Messen mittelst Ausflussöffnungen erfolgt entweder durch Anwendung des Wasserzolls oder des Ueberfallwehrs.

Der Wasserzoll bezeichnet diejenige Wassermenge pro Se-

*) Vgl. König-Poppe a. a. O. S. 82 u. ff.

kunde, welche bei einer gegebenen Druckhöhe durch kreisförmige Oeffnungen von bestimmtem Durchmesser fliesst. Die Löcher bringt man in einer dünnen, am besten blechernen, Seitenwand des Behälters an, in den man das Wasser einlaufen lässt, und zwar müssen dieselben in einer horizontalen Reihe nebeneinander sich befinden. Die Beobachtung geschieht in der Weise, dass man durch Verschliessen oder Oeffnen einzelner Löcher den Wasserstand regulirt, bis er sich in einer bestimmten Höhe, 1 Zoll preuss. (= 26,15 mm) über der Mitte der Oeffnungen constant erhält. Die Wassermengen für Oeffnungen von verschiedenem Durchmesser ergeben sich für diese Verhältnisse aus folgender Tabelle:

Lichtweite der Oeffnungen		Wassermenge einer Oeffnung in cbm		
Zoll preuss.	Millimeter	pro Minute	pro Stunde	pro Tag
1	26,15	0,01380	0,8280	19,874
1/2	13,08	0,00378	0,2268	5,444
1/4	6,54	0,00098	0,0576	1,413
1/8	3,27	0,00027	0,0162	0,391

Der Wasserzoll eignet sich natürlich nur für kleine Wassermengen, während grössere mit einem künstlichen Ueberfallwehr gemessen werden, das man aus Brettern quer über den Wasserlauf errichtet. Man erhält in der Breite des Wasserlaufes, der Breite des Wehres und der Höhe des Wasserspiegels über der horizontalen Ueberfallkante des Wehres, welche in einiger Entfernung von demselben zu messen ist, die Zahlenwerthe, aus welchen sich mittelst bekannter Formeln die in der Zeiteinheit über das Wehr abfliessende Wassermenge berechnen lässt. In ähnlicher Weise können statt der Ueberfälle auch Schützen zur Messung verwendet werden. Messungen dieser Art erfordern die gewissenhafteste Beachtung bestimmter Cautelen, ohne welche sie zu folgenschweren Irrthümern führen.

Die Messung der Wassermenge mittelst Geschwindigkeitsbestimmung kann mit Hilfe eigens dazu construirter Instrumente, z. B. des hydraulischen oder Woltmann'schen Flügels, oder mittelst Schwimmer erfolgen.

Der hydraulische Flügel ist in seinem Princip nach Art der Construction und Handhabung dem der Anemometer sehr ähnlich, für welche er eigentlich das Vorbild gab.

Die Messung mittelst Schwimmer wird in der Weise vorgenommen, dass man im Stromstrich einen Gegenstand, z. B. eine

Flasche schwimmen lässt und die Zeit ermittelt, innerhalb welcher er eine zuvor gemessene Strecke zurücklegt; diese Versuche bedürfen einer öfteren Wiederholung um aus dem Ergebniss einen Mittelwerth zu bekommen. Die Versuchsstrecke muss geradlinig, nicht zu kurz und von annähernd constantem Querschnitt sein. Aus der so ermittelten Geschwindigkeit im Stromstrich erfährt man durch Multiplikation mit 0,81 die Geschwindigkeit im ganzen Querprofil; das per Sekunde abfliessende Wasserquantum berechnet sich durch Multiplikation der Geschwindigkeit für diese Zeiteinheit mit dem Wasserquerschnitt.

Messung des nicht frei fliessenden Wassers.

Mit einem der vorgenannten Verfahren kann unter Zuhilfenahme von Schöpfvorrichtungen (von Pumpbrunnen und für grosse Wassermengen von Centrifugalpumpen mit Dampfbetrieb) auch die Ergiebigkeit eines nicht frei fliessenden Wasservorrathes bestimmt werden.

C. Flügge[10] stellte annäherungsweise die Menge des einem Brunnenschacht in der Zeiteinheit zufliessenden Wassers folgendermaassen fest: Es wird durch gleichmässig schnelles Pumpen eine merkliche Depression im Versuchsbrunnen erzeugt und sowohl diese als auch das ausgepumpte Wasser gemessen. Eine Vergleichung der beiden Werthe, welche man für die Wasserabgabe einerseits durch direkte Messung des ausgepumpten Wassers, andrerseits durch Berechnung aus der Depression erhält, wird, wenn während des Pumpens ein Zufluss statt gehabt hat, ergeben, dass mehr Wasser gefördert worden ist, als der Verlust im Brunnenschacht beträgt. Diese Differenz zeigt die Menge des zufliessenden Wassers an.

Die Ergiebigkeit eines Grundwasserstroms ist abhängig von der Mächtigkeit, Durchlässigkeit und dem Gefälle der wasserführenden Schicht. Für genauere Messungen sind daher die Grössen dieser belangreichen Faktoren zu ermitteln.

Zur Bestimmung der Mächtigkeit und Durchlässigkeit sind gewöhnlich direkte Bohrungen erforderlich, deren Ergebniss bezüglich der Durchlässigkeit übrigens noch einer Ergänzung durch das Resultat von Pumpversuchen unbedingt bedarf.

Das Gefälle erfährt man durch Nivellement der Wasserspiegel in vorhandenen Brunnen oder in eigens zu diesem Zweck in das Grundwasser eingelassenen Norton'schen Röhren. Um die Angaben der Grundwassermessungen vergleichen zu können, ist für sämmtliche Beobachtungsstellen der sog. Fixpunkt, von welchem aus der Abstand des Wasserspiegels von der Erdoberfläche gemessen wird, auf einen gemeinsamen Nullpunkt (Horizont), den man über oder unter dem

Beobachtungsort annehmen kann, einzunivelliren und die so ermittelte Höhenlage (Cote) des Brunnens zu jeder Beobachtungszahl zu addiren beziehungsweise davon abzuziehen.

Wenn man nun auf einem Plane, auf dem die Lage der Beobachtungsstellen eingetragen ist, von letzteren diejenigen, deren Wasserspiegel den gleichen Abstand vom gemeinsamen Nullpunkt zeigt, durch je eine continuirliche, sich den Verhältnissen anpassende Curve (Isophyse, Aequidistante oder Horizontalcurve des Grundwassers) verbindet, so erhält man einen Höhenschichtenplan des Grundwassers. Eine dermaassen aufgezeichnete Stromkarte der unterirdischen Wasserläufe gibt uns über Richtung und Gefälle im Grundwasserbecken Auskunft und lässt sonach auch erkennen, ob man es mit einer seeartigen Ansammlung oder einem fliessenden Strom zu thun hat und wo der Strom in einen See übergeht. Das Gefälle ist um so grösser, je näher die Horizontalcurven an einander rücken. Die Richtung, woher das Grundwasser einer Beobachtungsstelle zufliesst, erfährt man in der Weise, dass man von dieser eine Normale auf die nächsthöhere Horizontalcurve fällt und vom Schnittpunkte in gleicher Weise auf die folgenden Curven übergeht (A. Thiem[11]), C. W. v. Gümbel[12])).

Nach dem Dupuit-Darci'schen Filtrationsgesetz ist das durch ein vertikales Filter von constantem Querschnitt fliessende Wasserquantum (Q) direkt proportional dem Produkte aus Filterfläche (F), Druckhöhe (H) und einem von der Durchlässigkeit des Filtermaterials abhängigen Coëfficienten (k) und indirekt proportional der Höhe der Filterschicht (h), es ist sonach $Q = k\,\frac{FH}{h}$.

Der Grundwasserstrom findet im durchlässigen Boden für seine horizontale Bewegung im Wesentlichen keine anderen Bedingungen als das Wasser im künstlichen Filter. Wir können somit das Filtrationsgesetz auch auf die Grundwasserströmung anwenden. Für einen Grundwasserstrom ist, wenn wir dessen senkrecht zur Stromesrichtung gemessene Breite zu 1 annehmen, in die Formel anstatt F seine Mächtigkeit und anstatt des Quotienten $\frac{H}{h}$ der Sinus des Neigungswinkels (α) einzusetzen, den der Grundwasserspiegel mit einer horizontalen Ebene bildet, also wird

$$Q = k\,M \cdot \sin \alpha.$$

Diese Gesetzmässigkeit der horizontalen Grundwasserbewegung hat Thiem[11]) in folgendem Verfahren zur Bestimmung der Ergiebigkeit verwerthet:

Man ermittelt im Versuchsbrunnen und in benachbarten Beobachtungsstellen durch Nivellement der Grundwasserspiegel die Strömungsverhältnisse im natürlichen Zustande, hält sodann den Wasserspiegel im Versuchsbrunnen auf einige Zeit durch Auspumpen in Depression und beobachtet aufs Neue, um die Grundwasserstände im beeinflussten Zustande zu erfahren. Da nach Darci im durchlässigen Terrain die Geschwindigkeit proportional den Widerständen ist, so bezeichnet der Unterschied der Cotendifferenzen unter natürlichen und beeinflussten Verhältnissen denjenigen Widerstand, welcher der künstlichen, durch das Pumpen erzeugten Geschwindigkeit zukommt.

Wenn z. B. in zwei, in einer Achse liegenden Beobachtungsröhren a_0 und a_1, von welchen a_0 dem Mittelpunkt des Versuchsbrunnens näher liegt als a_1, der natürliche Wasserspiegel in a_1 um 20 cm höher liegt als in a_0, so zeigt dieses Maass die Widerstände an, welche die in der betreffenden Achse liegende Componente der natürlichen Grundwassergeschwindigkeit bei Zurücklegung des Weges von a_1 nach a_0 hin zu überwinden hat. Würde nun nach eingeleitetem Betrieb des Brunnens dieses Maass von 20 cm auf 50 cm gestiegen sein, so verblieben für die künstlich erzeugten Widerstände, da 20 cm den natürlichen zukommen, noch 30 cm übrig. Die Widerstände sind proportional der Geschwindigkeit, mithin verhält sich die natürliche Geschwindigkeit beziehungsweise deren Componente zur künstlichen wie 2 : 3.

Aus derartigen Beobachtungen wird die Depressionscurve bestimmt. Die Coordinaten derselben dienen als Unterlage für die Berechnung des vom Brunnen zu erwartenden Wasserquantums, für welche Thiem auf Grund des Filtrationsgesetzes Formeln aufgestellt hat.

Bestimmung der Geschwindigkeit des Grundwassers.

Für die Beurtheilung der Ergiebigkeit und Nachhaltigkeit ist es eine unerlässliche Frage, ob der im Schoosse der Erde nachgewiesene Wasservorrath im Zustande der Ruhe oder der Bewegung ist.

Das Auffinden einer lebhaften Strömung kann als ein gutes Zeichen gelten, dagegen darf man von teichartigen Ansammlungen im Grundwasserbecken eine dauernde Ergiebigkeit nur in dem Falle erwarten, dass die Beobachtung der Brunnenspiegel einen beständigen Zu- oder Abfluss nachgewiesen hat.

Die Grösse der Fortbewegung wird durch vergleichende Beobachtungen der vertikalen Schwankungen des Grundwassers mitunter in einfacher Weise ermittelt. Zeigt von zwei in demselben Strömungsstrich liegenden Wasserspiegeln das Diagramm des oberen einen ausgesprochenen Wellenberg, so wird, wenn ein correspondi-

render Wellenberg nach einiger Zeit auch im unterhalb liegenden Wasserspiegel beobachtet wird, die Entfernung der Brunnen zusammengehalten mit der Zeit ein Maass für die Geschwindigkeit des Grundwasserstroms bieten (Thiem[13]).

In ähnlicher Weise bestimmte Hess[14] die Grundwassergeschwindigkeit, indem er die Zeit beobachtete, innerhalb welcher nach dem Anschwellen eines Flusses das Aufstauen des Grundwassers sich auf die vom Flussufer entfernter gelegenen Brunnen fortpflanzt und durch ein Steigen des Wasserstandes kund gibt.

Auch ist vorgeschlagen worden, die Geschwindigkeit der Grundwasserbewegung durch künstliche Beimengung eines gelösten Körpers (Kochsalz) oder färbenden Stoffes zum Grundwasser und Bestimmung der Zeit seines Auftretens in den tiefer liegenden Brunnen anzustreben.

Merkmale der Ergiebigkeit und Nachhaltigkeit.

Zur Ermittelung der Grösse des verfügbaren Wasservorraths zieht man ausser dem Ergebniss der genannten direkten Beobachtungen noch Erhebungen über die Regenmenge in Verbindung mit dem Umfang des Niederschlagsgebiets in Betracht.

Mitunter geschieht es noch, dass diese meteorologischen Verhältnisse allein als maassgebend für die Berechnung der aus einem Terrain zu gewinnenden Wassermenge angesehen werden. Nach Thiem[13] kann auf diese Weise nur dann ein brauchbarer Aufschluss gefunden werden, wenn zunächst das orographisch bestimmte Niederschlagsgebiet das unterirdische Abflussgebiet deckt, d. h. wenn die sichtbaren und unsichtbaren Abflussrichtungen im gleichen Sinne vertikal übereinander liegen; ferner wenn die Coëfficienten für sichtbaren Abfluss, Verdunstung und Infiltration die richtigen sind. In der Technik ist es üblich anzunehmen, dass ungefähr ein Drittel der gesammten atmosphärischen Niederschläge verdunste, ein Drittel in den Boden versickere und das letzte Drittel oberflächlich ablaufe (A. Frühling[4] S. 18), und dass man die aus Quellen zu gewinnende Wassermenge im Allgemeinen nicht höher als zu ein Sechstel bis ein Fünftel der Gesammt-Regenmenge des Quellengebietes anschlagen dürfe, — freilich unter der Voraussetzung, dass die Schichtungen des Gebirges nicht einen unterirdischen Abfluss nach einem anderen Regengebiet bedingen (E. Schmitt[4] S. 220).

Ungemein wichtig ist für die Versorgung, dass man sich auch für die Nachhaltigkeit der Bezugsquellen eine Gewähr schafft. Da die klimatischen Verhältnisse eines Ortes und nament-

lich die Regenmengen, von welchen die Ergiebigkeit der Wasservorräthe abhängt, in den verschiedenen Jahrgängen sehr erhebliche Schwankungen zeigen, haben sich die Erhebungen über die Leistungsfähigkeit auf eine Reihe von Jahren zu erstrecken, unter welchen auch auffallend trockene Jahrgänge sich befinden.

Direkte Beobachtungen für ein Versorgungsprojekt können selten auf einen längeren Zeitraum als 1 bis 3 Jahre ausgedehnt werden. Man sieht sich daher auf die Nachfrage bei der Bevölkerung und die Erinnerung seit Menschengedenken angewiesen. Indessen sind derartige Erkundigungen nur mit äusserster Vorsicht zu führen, namentlich wenn die Ausführung des Projekts Schwierigkeiten in der Ablösung von Rechten der Anwohner gewärtigen lässt.

Am wenigsten ist in Hinsicht der Nachhaltigkeit ein auch nur einigermaassen zuverlässiges Prognostikon gegenüber Quellen zu geben, welche für die Versorgung erst künstlich aufgeschlossen oder erschlossen werden. Der Versuch durch Aufschliessen unzureichender Quellen die Ergiebigkeit zu vermehren, kann leicht zu Enttäuschungen führen, indem für die erste Zeit vielleicht der erwartete Erfolg eintritt, jedoch auf die Dauer nicht Stand hält.

In Folge von Erfahrungen dieser Art, die man häufig bei der Quellwasserleitung macht, besteht heutzutage einiges Misstrauen gegen die Nachhaltigkeit der natürlichen Quellen, aber wenn dieselben auch zur Vorsicht mahnen, können sie doch nicht eine principielle Verwerfung der Hochquellenleitung rechtfertigen. „Ueberall sind genaue örtliche Untersuchungen nothwendig und wenn früher in einseitiger dogmatischer Weise die Gebirgsquellen für die einzig richtige Art der Wasserversorgung wegen ihrer reinen Beschaffenheit erklärt wurden, so ist es ebenso voreilig, wenn heute alle Gebirgsquellwasserleitungen wegen ungenügender Menge in Bausch und Bogen verworfen werden.“

Dieses mahnende Wort von F. Sander[15] mögen übrigens auch jene beherzigen, welche in Voreingenommenheit für andere Arten der Versorgung sich gegen Grundwasserleitungen principiell aussprechen, weil auch diese mitunter an Ergiebigkeit nachlassen und mit der Zeit bisweilen ganz versagen.

Literatur. 1) Reincke, Ueber Schiffshygiene. Referat bei der Versammlung d. D. Vereins für öffentl. Gesundheitspflege zu Hamburg 1880; D. Vierteljahrsschr. für öffentl. Gesundheitspflege 1881. Bd. 13. 1. Hft., und J. J. Reincke, Gesundheitspflege auf Seeschiffen mit besonderer Berücksichtigung der Handelsflotte. Hamburg 1882. — 2) H. Gill u. A. Fölsch, Gutachten über das Projekt der Filtration f. d. Hamburger Stadtwasserkunst. März 1881. — 3) Journ. f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Jahrg. 1881. Hft 21. S. 724. — 4) Handbuch d. Ingenieurwissenschaften. Bd. 3.

Der Wasserbau. 1. Cap. S. 28. — 5) L. A. Veitmeyer, Voruntersuchung über die künftige Wasserversorgung von Berlin. Berlin 1871. S. 6. — 6) A. Bürkli, Anlage und Organisation städtischer Wasserversorgungen. Zürich 1867. — 7) E. Grahn, Ueber die berechtigten Ansprüche an städtische Wasserversorgungen. Referat f. d. Versammlung d. D. Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege zu Düsseldorf 1876. S. 110 des Berichts. — 8) B. Salbach, Wasserversorgung d. Gebäude. Handb. d. Architektur. 4. Bd. Darmstadt 1881. — 9) F. König, Anlage u. Ausführung von Wasserleitungen u. Wasserwerken. 2. Aufl. v. L. Poppe. Leizig 1878. — 10) C. Flügge, Die Bedeutung der Trinkwasseruntersuchung f. d. Hygiene. Zeitschr. f. Biologie 1877. Bd. XIII. S. 467. — 11) A. Thiem, Die Wasserversorgung der Stadt Leipzig, Vorprojekt. Leipzig 1879, und Die Ergiebigkeit artesischer Bohrungen u. s. w. Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung 1870. S. 450. — 12) Verhandlungen und Arbeiten der vom Stadtmagistrat München eingesetzten Commission für Wasserversorgung, Canalisation und Abfuhr. I. Bericht, Anhang 1 und II. Bericht, Beilage 3. München 1876 und 1877. — 13) A. Thiem, Die Wasserversorgung der Stadt München, Vorprojekt. München 1876. S. 18 u. 19. — 14) Hess, Zeitschrift d. Hannöver. Architekten- und Ingenieur-Vereins 1870. S. 231; Handb. d. Ingenieurwissenschaften. 3. Bd. S. 26. — 15) F. Sander, Handb. d. öffentl. Gesundheitspflege. Leipzig 1877. S. 280.

SECHSTES CAPITEL.

Die Art der Beschaffung des Wassers.

Die Wahl der Bezugsquellen.

Von den Wasservorräthen der Natur können als Bezugsquellen für die Versorgung von Gemeinden in Frage kommen:

1. natürliche (lebendige) und künstlich erschlossene Quellen;
2. Bäche und Flüsse;
3. Teiche und Seen;
4. atmosphärische Niederschläge.

Es wurde schon in früheren Capiteln die Charakteristik dieser Wasservorräthe in Hinsicht des chemischen Bestandes, der Temperatur und Ergiebigkeit dargelegt und der ungleiche Werth derselben für die Zwecke der Versorgung erörtert. Wir haben uns davon überzeugt, dass die Entscheidung in der Wahl nur von Fall zu Fall geschehen dürfe, weil innerhalb der einzelnen Kategorien grosse Unterschiede nach Qualität und Quantität des Wassers vorkommen, indem es z. B. reine und unreine, beständige und unbeständige Quellen gibt, wie andererseits auch Bäche sich finden, deren Wasser dem von manchen natürlichen Quellen unbedingt vorzuziehen ist.

Unterschiede im Werthe der Bezugsarten.

Es wird im einzelnen Falle darauf ankommen, dass nicht sowohl die Analyse die gute Beschaffenheit des Wassers nachweist, als auch, dass in der Lokalität, welcher das Wasser entnommen werden soll,

einige Garantie für die Beständigkeit der Zusammensetzung und den unschädlichen Charakter der nachzuweisenden Beimengungen geboten ist. In diesem Sinne unterscheiden sich die Gelegenheiten zur Gewinnung des Wassers im Werthe wesentlich von einander, je nach dem Orte, wo sie sich finden, und verspricht ein Bach nahe bei seinem Ursprung, so lange er sich noch im Gebirge oder im bewaldeten Terrain hält, eher ein Wasser, das allen Ansprüchen genügt, wie eine selbstthätig in der landwirthschaftlich benutzten und bewohnten Ebene auftretende Quelle oder das in und bei Ortschaften durch Anlage von Brunnen erschlossene Grundwasser.

Allerdings wird man, wo zwischen einzelnen Bezugsquellen, die in Hinsicht der Leistungsfähigkeit als ausreichend befunden sind, die letzte Wahl zu treffen ist und die Qualität den Ausschlag geben soll, dem reinen Quell- oder Grundwassser — vorausgesetzt, dass auch sein Härtegrad dem Versorgungsprogramm entspricht — unbedingt den Vorzug vor allen anderen, und dem Wasser aus Bächen und Flüssen, sowie aus Teichen und Seen vor dem der atmosphärischen Niederschläge geben müssen.

Die Versorgung mit dem aus dem Boden kommenden Wasser bietet den Vortheil, dass sie am ehesten den in Hinsicht der Temperatur gemachten Ansprüchen genügt; dagegen entspricht dieses häufig nicht den Anforderungen bezüglich der Härte, während Flusswässer in der Regel und Meteorwässer immer weich sind. Das Quell- und Grundwasser eignet sich gewöhnlich zur direkten Benutzung, dagegen hält sich das Bach- und Flusswasser unter allen Witterungsverhältnissen nur ausnahmsweise so rein, dass die Zuleitung ohne vorherige Filtration geschehen dürfte.

Auch die Gebirgsseen und gut angelegte Sammelgründe für atmosphärische Niederschläge gestatten ohne Weiteres die Zuführung, die Landseen dagegen nicht. Selbst wenn das Wasser von Flüssen und Landseen verhältnissmässig rein und klar erscheint, enthält es mehr oder weniger kleinste Körper in feinster Zertheilung, mineralische und erdige Partikel, Organismen, Reste von pflanzlichen und thierischen Substanzen u. dgl., welche ihm den bekannten eigenthümlichen Geschmack des Fluss- und Seewassers geben und zum Theil die Veranlassung sind, dass es sich beim Stehen nicht hält (L. A. Veitmeyer[1]).

Kosten von Anlage und Betrieb der Versorgung.

So wenig auch die Gemeinden sich durch finanzielle Rücksichten abhalten lassen dürfen, der ihnen in Hinsicht der Wasserversorgung

auferlegten Pflicht zu genügen, haben sie doch allen Grund in letzter Reihe noch den Kostenpunkt in Erwägung zu ziehen, — wobei allerdings dem billigeren Projekte nur dann der Vorzug zu geben ist, wenn das Wasser nach Beschaffenheit und Menge den als unerlässlich geltenden Anforderungen der Gesundheitspflege entspricht.

Wenn wir von den Gemeinden mehr verlangen, als dass sie durch Aufsuchen von Bezugsquellen in nicht zu weiter Entfernung vom Verbrauchsort ihren Wasserbedarf decken, kann die Uebertreibung der Ansprüche sie leicht dazu drängen, die für sanitäre Zwecke verfügbaren Mittel allein der Wasserversorgung zuzuwenden und über dieser andere nicht minder wichtige Assanirungsaufgaben zu vernachlässigen. Aber man hat auch die Erfahrung gemacht, dass Gemeinden angesichts der Forderung, aus meilenweiter Entfernung Quellwasser zuzuleiten, zögerten, überhaupt etwas zu thun, und lieber bei der Einzelversorgung aus Pumpbrunnen verharrten, als sich wenigstens durch Anlage einer centralen Flusswasserversorgung zu verbessern. Hier gilt es fürwahr, dass man nicht soll das in weiter Ferne zu suchende Bessere des nahe liegenden Guten Feind werden lassen.

Ueber die Kosten der Anlage von Versorgungen englischer und deutscher Städte gibt eine statistische Zusammenstellung von E. Grahn[2)] interessante Aufschlüsse. Von 159 englischen Städten sind 53 durch Pumpenbetrieb, 63 durch natürliches Gefälle versorgt, unter 80 deutschen Städten haben 68 Grund- oder Quellwasserversorgung und zwar 33 durch künstliche Hebung, 35 mit natürlichem Druck, während die übrigen 12 Flusswasser beziehen und zwar 3 unfiltrirtes und 9 filtrirtes. Es betragen im Durchschnitt die Anlagekosten in Mark:

Anzahl der Städte	Art des Bezuges		für den Kopf der Bevölkerung	für den Cubikmeter des in 24 Stunden verfügbaren Wasserquantums
	englische Städte			
50 resp. 48	künstliche Hebung		46	234
64 resp. 56	Gravitationsleitung		46	267
	deutsche Städte			
3	unfiltrirtes Flusswasser		26,87	123,28
9	filtrirtes Flusswasser		23,86	130,68
33	Grund- und Quellwasser	künstliche Hebung	28,80	148,68
35	Grund- und Quellwasser	natürlicher Druck	52,88	297,47

In Hinsicht der Betriebskosten stellt sich das Verhältniss für die Gravitationsleitung günstiger, sodass die Wasserpreise der verschie-

denen Bezugsarten sich einander nähern. Den Erhebungen E. Grahn's zufolge stellt sich in englischen Städten der Durchschnittspreis des Wassers für den Hausbedarf bei Pumpenbetrieb auf 3,9 % des Miethwerthes, bei natürlichem Gefälle auf 4,2 % und der Durchschnittspreis pro Cubikmeter bei Pumpenbetrieb auf 0,14 M., bei natürlichem Gefälle auf 0,135 M., (bei dieser Berechnung sind die Städte ausgeschlossen, in welchen über 7½ % vom Miethwerthe und über 0,3 M. pro Cubikmeter bezahlt wird).

In Hinsicht der Wahl der Bezugsquellen hat der Deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege in seiner Versammlung zu Düsseldorf (1876) folgende Thesen angenommen:

„Quellwasser, Grundwasser, filtrirtes Flusswasser vermögen die gestellte Aufgabe zu erfüllen; welche Art von Wasserversorgung im einzelnen Falle den Vorzug verdient, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab.

Unter sonst gleichen Qualitäts- und Quantitätsverhältnissen ist dem Wasser der Vorzug zu geben, welches:

a) durch die Sicherheit und Einfachheit der Anlage die grösste Garantie für den ungestörten Bezug bietet,

b) den geringsten Aufwand an Anlage- und capitalisirten Betriebskosten erheischt."

Die Art der Gewinnung des Wassers.

Quellen.

Beim Heranziehen von Quellen zur Versorgung ist es eine der nächsten Aufgaben der Technik, die zum Quellenbezirk gehörigen, theilweise noch nicht sichtbaren Wasserrinnen aufzudecken, die freilaufenden Quellen sammt den erschlossenen zu fassen und das Wasser derselben in einem Vereinigungspunkt zu sammeln.

Das Fassen der Quellen geschieht, theils um dieselben in ihrem Bestand nach Qualität und Quantität zu sichern, theils um einen gleichmässigen und ununterbrochenen Betrieb der Versorgung zu erzielen. Auch einzelne Quellen, welche zu direkter Entnahme ohne Zwischenleitung dienen, müssen gefasst werden und bieten zugleich die dafür angelegten Behälter den Nutzen, dass sich in ihnen die etwa mitgerissenen Sandtheilchen vor der Entnahme absetzen. Für die Wasserleitungen werden Sammelkanäle, Brunnen- oder Quellenkammern erforderlich, für deren Anlage sich in jedem einzelnen Falle besondere Gesichtspunkte darbieten.

Diese Fassungsarbeiten verlangen grösste Sorgfalt und viel Geschick, wenn nicht durch sie die Ergiebigkeit der Quellen geschädigt, anstatt erhöht werden soll. König-Poppe[3] stellt für die Fassungsarbeiten folgende allgemeinen Grundsätze auf:

1. Die Sohle der Sammelkanäle und der Brunnenkammern soll womöglich in die wasserhaltende Schicht hinein fundirt sein und darf die Wasserhöhe in denselben nicht über das Niveau des natürlichen Wasserlaufs gehen. Kann jedoch mit der Sohle eine vollkommene wasserhaltende Schicht nicht erreicht werden, so ist erstere wasserdicht zu mauern.

2. Die Wände der Kanäle, welche auf der, der Richtung des Wasserlaufes entgegengesetzten Seite liegen, müssen wasserdicht gemauert werden, die übrigen Seitenwände sind mit offenen Fugen herzustellen; die Sohle ist mit reinem Kies oder Schotter auszulegen.

3. Für Ventilation der Quellenkanäle muss gesorgt werden, sowie Rückstauungen nach den Quellen durch selbstwirkende Ueberläufe zu beseitigen sind.

4. Jede Quelle muss für sich ausgeschaltet werden und die Reinigung der einzelnen Kammern bewirkt werden können, ohne die Ableitung der andern Quellen stören zu müssen.

5. Bei veränderlichen Wasserzuflüssen müssen sämmtliche Kanäle, Kammern u. s. w. auf die beobachtete Maximalwassermenge berechnet werden.

6. Für bequeme Zugänglichkeit der baulichen Anlagen ist hauptsächlich Sorge zu tragen.

7. Das Eindringen von Tagwasser ist endlich sorgfältig zu vermeiden und müssen die fertigen Anlagen durch Anpflanzungen, an deren Fuss offene Gräben, geschützt werden.

Grundwasser.

Für die Wasserversorgung darf man das Grundwasser nur an Stellen erschliessen, welche durch ihre Lage vor verunreinigenden Einflüssen der Erdoberfläche geschützt sind; man wird demgemäss die nächste Nähe bewohnter Plätze meiden und das Wasser unter Berücksichtigung seiner Stromrichtung keinesfalls unterhalb derselben, zum wenigsten nicht unterhalb der Abort- und Düngergruben u. dgl. beziehen.

Die Entnahme für die Versorgung einzelner Gebäude wird durch Anlage von Brunnen ermöglicht, welche theils gegraben oder erbohrt, theils durch Einschrauben oder Einrammen von schmiedeeisernen Röhren hergestellt werden.

Je nach der Tiefe, bis zu welcher man die Brunnen in der Erdrinde anlegt, unterscheidet man Flachbrunnen, Tiefbrunnen und artesische Brunnen.

Brunnen der letzteren Art, die sog. abessynischen, amerikanischen oder Norton'schen Brunnen, stellen eines der einfachsten Mittel dar, das Wasser des Untergrundes zu erschliessen. Man wendet ein schmiedeeisernes Brunnenrohr von 30 bis 80 mm Weite an, dessen unterstes Rohrstück entweder mit einer Spitze, an der Schraubengänge und eine Anzahl Löcher zum Eintritt des Wassers angebracht sind (Schrau-

benbrunnen), oder mit einer kulpigen Stahlspitze ausgerüstet ist, oberhalb welcher gleichfalls Löcher in der Röhre vorhanden sind (Rammbrunnen). Je nach der Bodenart wird die eine oder die andere Vorrichtung angewandt. Wird auf diese Röhre, wenn sie in den Boden eingeschraubt oder eingerammt ist, eine kleine Handpumpe aufgesetzt, so sind alle Bedingungen zur Wasserentnahme erfüllt. Erweist sich die Ergiebigkeit des Brunnenrohres als eine grosse, so kann dasselbe direkt als Saugrohr einer grösseren, durch mechanische Kräfte bewegten Pumpe dienen (Salbach[4]).

Gebräuchlicher ist es noch, die Brunnen in Form eines einfachen kreisrunden Schachtes anzulegen, der bis zum Wasserspiegel oder auch bis zur Sohle aus wasserdichtem in Cementmörtel hergestelltem Mauerwerk besteht. Um dem Wasser den Eintritt zu gestatten, wird der untere Theil, soweit er durchlässig sein soll, mit Stossfugen versehen oder in anderer Weise durchbrochen hergestellt. Nicht in allen Fällen ist es erforderlich, den Brunnenschacht bis in die Tiefe der wasserführenden Schicht mit gleichem Durchmesser anzulegen, vielmehr genügt es bei grosser Tiefe der wasserführenden Schicht unter Terrain, dieselbe durch Eintreiben eines gelochten gusseisernen Rohres zu erschliessen, welches man in den Boden des Brunnenschachtes einmauert (Salbach[4]).

Der Brunnenschacht soll mindestens 80 cm lichte Weite und eine solche Tiefe haben, dass zu jeder Zeit Wasser entnommen werden kann. Er ist gegen Verunreinigung durch fremdes Wasser sowohl an der Erdoberfläche als in der Tiefe zu sichern und desshalb von Abwasser- und Kothgruben, Düngerstätten u. dgl. mindestens 5 m entfernt zu halten. Die obere Mündung ist mittelst Platten oder Gewölbe abzudecken, unter Ermöglichung des Einsteigens, und hat man für geregelten Ablauf des Brunnenwassers zu sorgen (Baumeister[5]).

Unter der Bezeichnung „Filterbrunnen“ werden gegrabene Brunnen mit stehenden Filtern in der Weise hergestellt, dass zum Fassen des Schachtes ein doppeltes, zum Theil durchlässiges Mauerwerk angewandt und der Zwischenraum mit Kies ausgefüllt wird.

Für die Versorgung im Grossen sind zur Sammlung des Grundwassers grössere Brunnenschachte erforderlich, deren Weite (2 bis 5 m) nach der verlangten Wassermenge und der Durchlässigkeit des Bodens sich richtet. Wo ein Brunnen nicht ausreicht, werden mehrere in gewissem Abstande neben einander angelegt; solche Brunnen können durch Stollen mit einander verbunden werden. In zweckmässiger Weise stellt man auch Sammelkanäle, sog. Sammelstollen, radiär vom einzelnen Brunnenschacht ausgehend, her, um die Brunnen leistungsfähiger zu machen. Diese Stollen müssen noch schliefbar sein und das erforderliche Gefälle zum Brunnen haben. Die Sohle der Brunnen wird 3 bis 6 m, die der Kanäle 1,5 bis 2 m tiefer als der niedrigste Grundwasserstand gelegt (König-Poppe[3], a. a. O. S. 193).

Bach- und Flusswasser.

Bei der Wassergewinnung aus Bächen und Flüssen ist nicht minder wie beim Grundwasser die Wahl der Bezugsstelle von grossem Belang, denn diese können in ihrem Laufe und in ihrer Breite beträchtliche Qualitätsunterschiede im Wasser zeigen.

Zur Entnahme sind Abschnitte der Wasserläufe nicht geeignet, welche einer direkten Einmündung von Schmutzwässern ausgesetzt sind oder noch unter dem Einflusse einer, in stromaufwärts gelegenen Abschnitten geschehenden Verunreinigung stehen.

Dicht beim Ufer erfahren diese Wasservorräthe, welche sich aus oberirdischen Zuflüssen und aus dem in ihr Bett eindringenden Grundwasser zusammensetzen, nicht nur leichte Verunreinigungen, sondern es trägt in der Regel auch die geringe Strömung und der seichte Zustand noch wesentlich dazu bei, dass das Wasser an Werth verliert. Es sind insbesondere Einbuchtungen und Buhnen zu vermeiden und ist das Wasser mittelst einer Röhrenleitung oder eines gemauerten Kanals in einiger Entfernung vom Ufer zu entnehmen. Die Lage der Einmündung wird gewöhnlich theils durch den niedrigsten Wasserstand theils durch die Rücksicht auf den Verkehr zu Wasser vorgezeichnet. An der Mündung bringt man, um gröbere Verunreinigungen fern zu halten, ein Drahtgitter oder einen siebartigen Saugkorb an.

Aber auch unter Beachtung der genannten Gesichtspunkte für die Wahl der Bezugsstelle wird das aus den Bächen und Flüssen entnommene Wasser nur zu gewissen Zeiten oder überhaupt nicht so klar sein, dass es ohne vorherige Reinigung für alle Zwecke der centralen Wasserversorgung zu gebrauchen ist.

Man kennt im Wesentlichen zwei Reinigungsverfahren für die Versorgung im Grossen, die Ablagerung der Sinkstoffe und die Filtration durch poröse Körper (vgl. S. 211 Capitel VII „Verbesserung des Wassers").

Uebrigens verfügt die Technik noch über ein weiteres, unter der Bezeichnung „natürliche Filtration" bekanntes System der Flusswasserversorgung, welches specielle Reinigungsverfahren überflüssig macht. Es zeichnet sich vor dem bisher besprochenen dadurch aus, dass der Bezug des Wassers nicht durch direkte Entnahme aus dem Wasserlaufe, sondern mittelst seitlich vom Flusse im Boden angelegter Sammelkanäle (Filtergallerien, Saugkanäle) geschieht, nach welchen das Wasser aus dem Flussbett durch die zwischenliegenden Bodenschichten filtrirt.

Wie die Brunnen in der Nähe von Flüssen werden die Sammelkanäle unter Umständen zum Theil auch vom Grundwasser gespeist werden. Gruner und Thiem[6], und mit ihnen noch Andere, sind der Meinung, dass Wasserversorgungen, welche sich auf natürliche Filtration basirten und dennoch dauernd befriedigende Resultate geben, dieses günstige Resultat nur einzig und allein dem Vorhandensein von Grundwasserströmungen in der Richtung der sichtbaren Wasserläufe zu verdanken haben.

Die Ursache, warum man selbst Grundwasserversorgungen in der Nähe von Flüssen anlegt, auf deren Mitwirkung man dem Princip nach ja gar nicht rechnet, bestehe einfach darin, dass in deren Nähe die Grundwässer den tiefsten Stand haben, nicht weiter sinken können und somit auch ihre dauernde Gewinnung an solchen Stellen am meisten gewährleistet sei.

Die Flusswasserversorgung mittelst natürlicher Filtration bietet neben der grösseren Reinheit des Wassers auch den Vortheil, dass die Temperatur des Wassers mehr den Bedingungen genügt, welche mit Rücksicht auf den Trinkgebrauch gestellt sind. So steigt nach Veitmeyer[1] (a. a. O. S. 57) z. B. die Temperatur dieses Wassers in Toulouse auch in den dortigen heissen Sommern selten auf 13 bis 14° C und ist im Winter selbst nach 25 Tagen anhaltenden starken Frostes nicht unter 8 bis 9° C gesunken. Es nähert sich die Temperatur umsomehr der des Grundwassers, in je grösserer Entfernung vom Ufer die Filtergallerien angelegt werden können, was wesentlich von der Durchlässigkeit des Bodens abhängt.

Von derartigen Anlagen haben manche sich vorzüglich bewährt, dagegen sind andere, und zwar verhältnissmässig nicht wenige missglückt, indem sie theils schon zu Anfang ihres Betriebes das Wasser entweder in Menge oder in Reinheit ungenügend lieferten oder mit der Zeit in Folge von Verschlammung der filtrirenden Flächen in der Leistungsfähigkeit mehr und mehr zurückgegangen sind. Gewiss hat man nicht Ursache, diese Misserfolge auf Rechnung des Princips zu schreiben; sie sind zum Theil durch Fehler in der Ausführung, aber auch zum Theil durch Zufälle bedingt, welche sich dem Calcul des Technikers mehr oder weniger entziehen. Nichtsdestoweniger gilt die Methode der natürlichen Filtration nicht als besonders empfehlenswerth, zumal sie nicht allein unsicher im Betrieb sondern auch theuer ist.

Nach König-Poppe[3] (a. a. O. S. 207) ist es die erste Bedingung des Gelingens der natürlichen Filtration, dass die durchlässigen Uferschichten als Filtermaterial den entsprechenden Grad der Durchlässigkeit haben;

sie sollen Kiesschichten sein, und zwar müssen — besonders die dem Flusse nächsten — mit Sand vermischt sein oder das Flussbett selbst aus Sand bestehen. Eine weitere Bedingung sei die Selbstreinigung, insofern der nach und nach auf der Filtrirfläche des Flussbettes abgelagerte Schlamm zeitweilig (z. B. beim Hochwasser) durch den Fluss selbst weggeführt werden müsse; dies sei bei Biegungen des Flusses dadurch anzustreben, dass man die concave Seite zur Anlage der Saugkanäle wählt. Die dritte Bedingung, genügende Leistungsfähigkeit, werde erreicht, wenn man die Filtergallerien entsprechend lang und parallel mit dem Fluss anlegt.

Teich- und Seewasser.

Für die Beschaffung des Wassers aus Teichen und Seen ergeben sich nahezu die gleichen Gesichtspunkte wie für die Flusswasserversorgung, indessen gestatten diese im Allgemeinen noch eher als die Flüsse eine unmittelbare Verwendung.

Von Alters her legt man zur Wassergewinnung auch künstlich grosse Behälter, Sammelteiche, an — sei es durch Aufführung von Erdwällen oder durch Ausgraben von kesselartigen Vertiefungen in der Erdoberfläche — und lässt in denselben das oberflächlich abfliessende Meteorwasser und das Wasser der in ihrem Bereiche entspringenden Quellen sich vereinigen. Heutzutage ist dieses Verfahren besonders in England heimisch, so dass man es auch als englisches System bezeichnet. Es wird oft in der Weise ausgeführt, dass man ein Thal durch Dämme oder Mauern abschliesst und so zu einem Wasserbecken umwandelt („Thalsperren").

In Folge von Berstung der Umfassungen solcher Anlagen sind wiederholt schon plötzliche Ueberschwemmungen und schwere Unglücksfälle vorgekommen (z. B. beim Dammbruch von Sheffield im Jahre 1864).

Meteorwasser.

Die Versorgung mit Meteorwasser wird zumeist nur für den Bedarf im Kleinen angestrebt, indem man dasselbe, um ein weiches Nutzwasser für das Waschen zu bekommen, wie es von den Dächern abfliesst, in Behältern, Cisternen, sammelt und für die spätere Verwendung aufbewahrt. Für andere Zwecke kann es nur als äusserster Nothbehelf in Frage kommen.

Ausser durch direktes Auffangen hat man das Wasser der atmosphärischen Niederschläge auch durch Vermittelung der Drainage für die Versorgung zu gewinnen gesucht, indem man auf ausgedehnten Ländereien in geringer Tiefe ein System von Drainröhren, von lose an einander gereihten Thonröhren legte, welche das versickerte Meteorwasser aufnehmen und sammeln.

In Hinsicht der Verbesserung des Wassers bringt eine derartige Einrichtung keinen besonderen Vortheil, da der Weg zu kurz ist, den dasselbe durch das filtrirende Erdreich zurücklegt. Ueberdies belädt sich das Meteorwasser, besonders, wenn es auf kultivirtes Land fällt, leicht noch mehr mit Verunreinigungen. Wollte man auf diese Weise grössere Städte versorgen, so wären schon ausgedehnte Drainage-Anlagen erforderlich.

Literatur. 1) L. A. Veitmeyer, Vorarbeiten zu einer künftigen Wasserversorgung von Berlin. Berlin 1871. S. 55. — 2) E. Grahn, Die Wasserversorgung von 159 englischen Städten. D. Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1875. Bd. 7. S. 168. — Referat f. d. Versammlung d. Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege zu Düsseldorf 1876. D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1877. Bd. 9. S. 110. — 3) F. König, Anlage und Ausführung von Wasserwerken. 2. Aufl. v. L. Poppe. Leipzig 1878. S. 190. — 4) B. Salbach, Wasserversorgung der Gebäude. Handbuch d. Architektur. 4. Bd. Darmstadt 1881. — 5) R. Baumeister, Normale Bauordnung. Wiesbaden 1881. § 44. S. 66. — 6) H. Gruner u. A. Thiem, Vorprojekt zu einer Wasserversorgung der Stadt Strassburg. Strassburg 1875. S. 31 u. 32.

SIEBENTES CAPITEL.

Die Verbesserung des Wassers.*)

Wo das verfügbare Wasser die zum Zweck der Versorgung verlangte Beschaffenheit nicht darbietet, versucht man dasselbe mit Hilfe eigener Verfahren in einen gebrauchs- und genussfähigen Zustand zu bringen. Bestrebungen nach dieser Richtung sind zu allen Zeiten zur Geltung gekommen, schon im Alterthum kannte man Mittel zum Verbessern des Wassers, die zum Theil heute noch im Gebrauch sind oder neuerdings der Empfehlung werth erachtet werden; bald zielen sie darauf ab, ein trübes oder gefärbtes Wasser klar und farblos zu machen, bald sollen sie den Geschmack verbessern, bald vorwiegend im Interesse von Haushalt und Gewerbe die Härte vermindern.

Zumeist knüpft sich an die Anwendung von Verfahren zur Klärung, Entfärbung und Geschmacksverbesserung die freilich trügerische Erwartung, dass dieselben auch gesundheitsschädliche Stoffe mit beseitigen. Das letztere galt besonders von den auf die Reinigung von organischen Stoffen gerichteten Mitteln. Von den zahlreichen Metho-

*) Vgl. F. Fischer[1]).

den sind folgende zu nennen: Gefrieren, Kochen, Destilliren, Zusetzen von chemisch-wirkenden Stoffen, Behandeln mit atmosphärischer Luft, Sedimentiren und Filtriren.

Das Gefrierenlassen.

Es ist eine alte Erfahrung, dass man aus dem Eis, das durch langsames Gefrieren von Meerwasser entsteht, ein geniessbares Wasser von verhältnissmässig geringem Salzgehalt gewinnen kann. Den früher erwähnten Erfahrungen von Burdon-Sanderson zufolge lässt sich nicht mit Sicherheit erwarten, dass die Mikroorganismen im Wasser durch die Eisbildung vollständig vernichtet werden. Die Annahme, dass das Gefrieren die gesundheitsschädlichen Stoffe im Wasser beseitige, ist nicht begründet.

Das Kochen.

Das Wasser wird durch Kochen von seiner vorübergehenden Härte befreit, die halbgebundene Kohlensäure, das Lösungsmittel der Bicarbonate der Erdalkalien, entweicht und scheiden sich die einfachen Carbonate derselben als ein im Wasser unlöslicher Niederschlag ab; in gleicher Weise fallen Eisenoxyd und Thonerde aus.

Ueber die sterilisirende Wirkung der Siedetemperatur des Wassers und über den zur Desinfektion feuchter und trockener Körper erforderlichen Hitzegrad liegen manche zum Theil widersprechende Erfahrungen vor. Der bisherige Mangel an Uebereinstimmung hat vor Jahresfrist durch die im Kaiserlichen Gesundheits-Amte ausgeführten Desinfektionsversuche (Mittheilungen 1. Bd., 1881) eine Deutung dahin erfahren, dass er im Wesentlichen nur durch die verschiedene Art der Versuchsanordnung bedingt sei, indem es verhältnissmässig lange dauere, bis die Hitze die Versuchsobjekte durchdringt und gleichmässig in denselben sich vertheilt. Es sei mit Bestimmtheit anzunehmen, dass im siedenden Wasser selbst Bacillensporen die Hitzewirkung nur wenige Minuten überstehen, wenn dafür Sorge getragen wird, dass die Temperatur von 100° C. auch thatsächlich auf alle Theile des Gefässinnern und die darin enthaltene Flüssigkeit einwirkt, welche Bedingung beim Sieden unter gewöhnlichen Verhältnissen häufig nicht erfüllt wird. In wieweit diese Erfahrung für alle Mikroorganismen oder nur die in genannten Versuchen angewandten (Milzbrand u. A.) Gültigkeit beanspruchen kann, ist weiteren Beobachtungen vorzubehalten.

Die Thatsache, dass selbst in den zum Theil mit grosser Sorgfalt ausgeführten Untersuchungen über Abiogenese der Glauben an

die sterilisirende Wirkung des Siedens einzelne Forscher hat irre leiten können, warnt indessen davor, das Kochen als ein für alle Fälle verlässliches Mittel zur Vernichtung von Mikroorganismen zu erachten. Von den ungeformten Fermenten weiss man, dass sie im feuchten Zustande in der Kochhitze mit Sicherheit vernichtet werden, dagegen genügt die Siedetemperatur des Wassers nicht zur Unschädlichmachung von löslichen Giften, z. B. von putriden Stoffen (vgl. F. Hueppe[2]). Selbstredend eignet sich das Kochen nicht für die Zwecke der allgemeinen Versorgung, denn es ist schon für den Bedarf im Kleinen gewöhnlich ein zu theueres Reinigungsverfahren.

Das Destilliren.*)

Man bedient sich hauptsächlich auf Schiffen der Destillation als Mittel, um das Meerwasser geniessbar zu machen. Die dazu erforderliche Einrichtung unterscheidet sich im Princip nicht von den Destillirapparaten der Laboratorien; es wird in der Destillirblase das Wasser durch Erhitzen zur Verdampfung gebracht und der entweichende Dampf in einer Kühlröhre wieder verdichtet. Das Verfahren verlangt, wenn das Destillat ganz rein werden soll, die Beachtung gewisser Cautelen. So thut man gut daran, das Wasser nicht zu einem stürmischen Sieden zu erhitzen, weil sonst Wassertheilchen nach der Vorlage mechanisch mitgerissen werden, ferner ist das Destillat in Fraktionen aufzufangen und von diesen die erste (etwa der fünfte Theil des Wassers) wegzugiessen, weil sie die flüchtigen Bestandtheile des Wassers enthält.

Auch ist es nicht rathsam, die Destillation bis auf den Rest des Wassers in dem Apparat fortzusetzen, theils um die Destillirblase zu schonen, theils um einer Zersetzung des Rückstandes beim Trockenwerden vorzubeugen, welche eine Verunreinigung des Destillats zur Folge haben würde.

Auf Dampfschiffen lässt die Verwendung des Condensationswassers der Maschine eine besondere Destillation zum Zweck der Wasserversorgung entbehrlich erscheinen, indessen verlangt dieselbe eine specielle Reinigung des Wassers von den Fetttheilen, welche es aus Schmiermitteln der Dampfkolben aufgenommen hat; diese Läuterung geschieht durch Zusatz von Kalk und durch Filtration.

Das destillirte Wasser bedarf, um genussfähig zu werden, noch einer weiteren Behandlung, indem es mit Luft in Berührung gebracht, durch Sand oder Kohle filtrirt wird u. dgl. Die Destillation ist für

*) Vgl. F. Fischer, a. a. O. S. 200.

den Gebrauch der Schiffe ein sehr segensreiches Verfahren, für andere Verhältnisse würde sie zu kostspielig sein. Dieselbe reinigt das Wasser unter allen Methoden am gründlichsten.

Um aber vollständig den Anforderungen der Gesundheitspflege zu entsprechen, ist noch zu beachten, dass der Apparat aus einem Metall hergestellt sein muss, welches nicht geeignet ist, an das Destillat gesundheitsschädliche Stoffe abzugeben; daher soll z. B. die Destillirblase und das Kühlrohr immer mit einer Verzinnung von hohem Feingehalt (nicht unter 95 %) ausgekleidet sein, um einer bedenklichen Abgabe von Blei vorzubeugen.

Es liegen eine Anzahl von Beobachtungen über Bleivergiftung auf Schiffen (colique sèche) vor, welche auf die Verwendung von Destillirapparaten mit bleiernen Kühlschlangen oder mit schlecht verzinnter Destillirblase zurückgeführt sind.

Die chemischen Verfahren.*)

Die auf eine chemische Wirkung berechneten Reinigungsmittel vollziehen entweder eine Fällung der unwillkommenen Bestandtheile des Wassers oder eine Oxydation derselben, viele haben nur die Bedeutung, dass sie einen übelen Geschmack oder Geruch des Wassers beseitigen oder auch nur verdecken.

Die den Geschmack verbessernden Mittel kommen nur für den Trinkbedarf in Frage und sind vorwiegend vegetabilischer Abstammung: Zusatz von Rothwein, Rum, Thee u. dgl.

Plinius nennt als ein zur Reinigung von ungesundem Wasser geeignetes Verfahren den Zusatz von geriebenem Pulegium (Mentha pulegium L.). In Aegypten und auch am Mississippi versetzt man das Flusswasser mit einer geringen Menge fein geriebener bitterer und süsser Mandeln und lässt es durch Absetzen sich klären; in gleicher Weise werden in der Berberei die Blätter von Nerium oleander, in Nubien Ricinussamen angewandt. In Indien ist es üblich, die Ränder der Wasserbehälter mit den Kernen der essbaren Frucht von Strychnos potatorum einzureiben, was nach und nach eine Klärung bewirken soll, aber zugleich dem Wasser einen bitteren Geschmack gibt. Auch kaut man in Afrika vor dem Trinken des Brackwassers die Gourou-Nuss.

Es ist keine Frage, dass derartige Zusätze zum Wasser unter Umständen geeignet sind, durch Fällung von gelösten Stoffen und Mitreissen von suspendirten Körperchen zur Klärung und Reinigung etwas beizutragen, aber keinesfalls darf man von denselben erwarten, dass sie mit einiger Sicherheit schädliche Stoffe aus dem Wasser entfernen. Im Grossen und Ganzen wirken sie nur in Hinsicht des Aussehens, Geschmackes und Geruches verbessernd — beziehungs-

*) Vgl. F. Fischer, a. a. O. S. 198 u. ff.

weise sie täuschen nicht selten nur eine Besserung vor, wie die Anwendung eines Parfüms in schlecht gelüfteten Wohnräumen.

Auf einige Mittel, wie Kochsalz und Kohlensäure, setzt man das Vertrauen, dass sie das organische Leben im Wasser vernichten, so ist es in manchen Gegenden üblich, in die Brunnen Kochsalz zu schütten, oder es wird zur Zeit von Epidemien das künstliche Mineralwasser (Soda oder Selters), auch wenn es aus nicht destillirtem Wasser bereitet ist, dem Brunnenwasser zum Trinkgebrauch vorgezogen, freilich ohne jedes Verständniss für die Lebenszähigkeit der Mikroorganismen beziehentlich ihrer Dauerformen.

Die Zahl der auf Fällung beruhenden chemischen Verfahren ist eine überaus grosse. Dieselben sind indessen zu gutem Theil auf die Reinigung von Abwässern oder das Weichmachen des Nutzwassers berechnet und messen sich nur in der Minderzahl auch die zur Herstellung eines guten Trinkwassers nöthigen Eigenschaften bei. Die Schwierigkeit mittelst gewisser Zusätze ein Wasser genussfähig zu machen beruht im Wesentlichen darin, dass das Wasser gleichsam als Ersatz für die ausgeschiedenen Beimengungen von dem angewandten Mittel Bestandtheile zurückhält, welche im Trinkwasser nicht oder nur in geringen Mengen vorkommen sollen. Wenn es nun auch möglich ist, derartige neue Beimengungen durch Geschick und Vorsicht in der Ausführung des Verfahrens entweder fern zu halten oder nachträglich anszuscheiden, so ist der gedachte Nachtheil doch einer ausgebreiteten Anwendung in der Praxis hinderlich, weil die zu seiner Eliminirung erforderliche sachgemässe Behandlung die Verbesserung des Wassers wesentlich vertheuert.

Als Fällungsmittel sind u. a. zu nennen Alaun und andere Thonerdesalze, Eisensalze, Gerbsäure, Soda, Kalkwasser. Keines derselben bietet eine Gewähr dafür, dass es die Mikroorganismen im Wasser mit ausfällt oder vernichtet; in gleicher Weise versprechen sie keine sichere Wirkung auf gelöste verdächtige Stoffe, welche das Wasser enthält. Sie können eher eine Beachtung für die Zwecke der Reinigung von Abwässern als für die Verbesserung eines zur Versorgung bestimmten Wassers beanspruchen. Als ein Klärungsmittel, welches die sonstige Beschaffenheit des Wassers nicht berührt, hat Frankland im Jahre 1868 den feinen Quarzschlamm aus Pochwerken bezeichnet, nach dessen Beimischung zum Wasser sich mit ihm die suspendirten Theile absetzen, sobald man das Wasser ruhig stehen lässt. Diese Art der Reinigung sollte bei den damals projektirten Londoner Wasserwerken verwerthet werden.[3)]

Zur Oxydation der im Wasser vorhandenen organischen Stoffe

wird hauptsächlich Kaliumpermanganat empfohlen. Das Verfahren ist, wenn der letzte Rest des angewandten Mittels aus dem Wasser vor dem Trinkgebrauch entfernt werden sollte, gleichfalls nicht nur ein sehr umständliches, mühesames, sondern verlangt auch Sachkenntniss und Uebung.

Eine Methode, welche aus stark verunreinigtem Wasser ein brauchbares Trinkwasser machen soll, ist z. B. die folgende von F. Schulze angegebene. Das Wasser wird mit etwas Kalkmilch und soviel Kaliumpermanganat versetzt, dass nach 15 Minuten noch eine schwach röthliche Färbung vorhanden ist. Von dem entstandenen Niederschlag wird das Wasser klar abgegossen, zur Beseitigung des überflüssigen Kalkes mit Natriumbicarbonat versetzt. Nach der Entfernung des Kalkniederschlages wird mit Salzsäure neutralisirt; die dabei frei werdende Kohlensäure soll den Geschmack verbessern.

Die Wirkung des Kaliumpermanganats ohne Erwärmen ist eine sehr unvollkommene; selbst beim Kochen in alkalischer oder saurer Lösung werden noch nicht alle organischen Stoffe oxydirt. Auch ist Kaliumpermanganat kein verlässliches Desinfektionsmittel gegenüber geformten Fermenten.

Zu den Oxydationsmitteln haben wir auch die Behandlung des Wassers mit atmosphärischer Luft zu rechnen, sie ist ein Verfahren, das schon Plinius bekannt war. Durch Schütteln mit Luft oder durch deren Einleitung nimmt das Wasser Bestandtheile derselben auf, wird schmackhafter, auch findet eine Oxydation von organischen Stoffen statt. Freilich tritt die letztere, wie Frankland[4]) experimentell dargethan hat, im Wasser allein viel langsamer ein, als wenn es im porösen Boden mit der Luft in Berührung kommt; so wurde in einer Mischung von Urin- und Tiefbrunnenwasser (1:3) durch Schütteln mit Luft deren anfänglicher Gehalt von 2,82 mg organischen Kohlenstoffs und 2,43 mg organischen Stickstoffs im Liter innerhalb 11 Tagen nur auf 2,14 mg beziehungsweise 2,76 mg herabgesetzt.

Für die Reinigung von Industrie- und Hausabwässern findet dieses Princip zum Theil mit sehr gutem Erfolg in der Weise praktische Verwendung, dass man die Schmutzwässer durch Gradirwerke oder diesen ähnliche Vorrichtungen rieseln lässt.

Zur Verringerung der Härte bedient man sich ausser dem Kochen vorwiegend eines Zusatzes von Kalkmilch, Natriumcarbonat (Soda) oder Bariumchlorid.

Die Kalkmilch führt die Bicarbonate von Calcium und Magnesium in unlösliche einfache Carbonate über und bildet mit der freien und halbgebundenen Kohlensäure neutrales Calciumcarbonat, das sich gleichfalls niederschlägt. Das Natriumcarbonat setzt sich mit dem Gyps in unlösliches Calciumcarbonat und in Natriumsulfat um, das in Lösung bleibt.

Vom Bariumchlorid wird der Gyps in Bariumsulfat, das ausfällt, und in lösliches Calciumchlorid zerlegt.

Wo das Verfahren gegen die vorübergehende und die bleibende Härte zugleich gerichtet ist, wird die Kalkmilch vermischt mit Soda oder Chlorbarium angewandt; es entscheidet im einzelnen Falle die Zusammensetzung des Wassers und die Art seines Gebrauchs darüber, welchem von den genannten Mitteln der Vorzug zu geben ist.

Für den Küchen- und Hausgebrauch hat man im Kochen und Sodazusatz das geeignetste Verfahren zur Verminderung der Härte; die Anwendung von Bariumchlorid ist hier am wenigsten angezeigt, da es zu den Giftstoffen gerechnet wird.

Das Sedimentiren.*)

Die Ablagerung der Sinkstoffe wird, wie im Vorausgehenden wiederholt angedeutet worden ist, gewöhnlich in Verbindung mit anderen Verfahren zur Klärung des Wassers angewandt. Dieselbe setzt — umsomehr wenn sie ohne Mitwirkung von Fällungsmitteln erfolgen soll und in Folge dessen längere Zeit braucht — Bedingungen voraus, welche der fauligen Zersetzung des Wassers ungünstig sind. Am besten findet sie nur für die gröberen Sinkstoffe Anwendung, während man die feineren durch Filtration entfernt.

Die Sedimentirung hat eine Bedeutung für die Verbesserung des Wassers im Kleinen sowohl als im Grossen und kommt, wie oben bemerkt, vorwiegend bei der Flusswasserversorgung in Frage, für welche sie freilich das primitivste Verfahren ist:

Es wird das Wasser in eigens angelegte Ablagerungs- oder Klärbassins geleitet und in denselben ruhig sich selbst überlassen, bis die suspendirten Stoffe sich zu Boden geschlagen haben. Das Wasser gewinnt während dieser Behandlung nicht an Wohlgeschmack, namentlich im Sommer steht es ab und wird schal, wozu die in den Klärbassins gewöhnlich auftretenden lebhaften Vegetationen von niederen Pflanzen auch ihr Theil beitragen. Es ist nicht rathsam, die Ablagerungszeit (absolute Ruhezeit) über 36 Stunden auszudehnen.

Man zieht es bei der allgemeinen Wasserversorgung seit lange schon vor, die Ablagerung nur zur Vorbereitung des Wassers für die künstliche Filtration zu benutzen, um die gröberen Sinkstoffe behufs Schonung der Filter zuvor zu beseitigen; nur wenn das Wasser für specielle Verwendungszwecke bestimmt ist, welche geringere Anforderungen an die Reinheit stellen, wird die Ablagerung genügen.

---

*) Vgl. König-Poppe[5]), H. Gill u. A. Fölsch[6]).

Die Klärbassins, welchen man 2 m bis 4 m Nutztiefe geben kann, werden entweder einfach als Teiche mit Erdböschungen oder als gemauerte Behälter hergestellt. Es ist zweckmässig, die Sohle und die Böschungen zu pflastern, wodurch die Bildung von Vegetationen etwas hintangehalten und die von Zeit zu Zeit erforderliche Reinigung erleichtert wird. Wenn dieselben gleichzeitig als Vorrathsbassins dienen sollen, sind sie entsprechend grösser anzulegen. Die Klärbassins, welche zur Entlastung von Filtern bestimmt sind, sollen so gross sein, dass sie das Wasser für einen ein- bis zweitägigen Bedarf fassen können.

Das Filtriren.

Für die Filtration hat die Natur in dem Läuterungsprocess, der sich an dem versickernden Meteorwasser im Boden vollzieht, ein der Nachahmung werthes Vorbild gegeben und zugleich für die Anordnung und Ausführung des Verfahrens die geeigneten Gesichtspunkte in jenen Bedingungen vorgezeichnet, unter welchen die Reinigung des Wassers im Boden am vollkommensten erreicht wird.

Das Filter soll vor allen Dingen so beschaffen sein, dass es nicht selbst an das durchtretende Wasser gegen die Verunreinigungen, welche es ihm entzieht, andere abgibt. Es ist daher nicht nur auf die Reinlichkeit und Unlöslichkeit des Filtermaterials zu achten, sondern auch die Einrichtung zu treffen, dass die vom Filter zurückgehaltenen Stoffe wieder entfernt werden können; die letztere Forderung ist nicht minder dadurch angezeigt, dass die Poren des Filters sich mit der Zeit, je nach der Beschaffenheit des Wassers in kürzerer oder längerer Frist mit Schlammtheilchen verstopfen.

*Die Filtration im Grossen.**)

Für grössere Anlagen wird als Filtermaterial gewöhnlich guter, von anhaftender Erde rein gewaschener Sand und Kies benutzt. Andere Filtermaterialien, wie pulverisirte Holzkohle, plastische Kohle, poröse Steine u. dgl., die sich im Kleinbetriebe recht gut bewähren, sind für die Filtration im Grossen wenig oder gar nicht geeignet.

Man legt die Filter für Wasserwerke in Behältern an, welche wasserdicht gemauerte Wandungen oder gepflasterte Erdböschungen und Böden haben; senkrechte Einfassungsmauern sind vortheilhafter als geneigte Böschungen. In diese sog. Filterbassins wird schichtenweise das Filtermaterial, das gröbere unten, das feinere darüber eingelagert, sodass das Filterbett etwas über die halbe Höhe des Bassins einnimmt. Unter dem Filter im Boden des Bassins ist ein Abzugs-

---

*) Vgl. König-Poppe[5]) a. a. O. S. 211, H. Gill u. A. Fölsch[6]).

kanal angebracht, der das filtrirte Wasser nach dem Reinwasser-Reservoir führt, aus welchem die Entnahme für die Leitung erfolgt.

Zum Schutz gegen das Eingefrieren werden die Filter an Orten mit rauhem Klima überwölbt.

Anstatt dieser Filter mit übereinander liegenden Schichten hat man auch Filter angelegt, bei welchen die Filterschichten nebeneinander gereiht sind, wodurch die Erneuerung des Filters weniger oft nöthig werden soll. Diese sog. Gravitations-Filtrirmethode, die in der Anlage theurer ist, hat in der Praxis nicht weitere Aufnahme gefunden.

Das Filtermaterial wird nach König-Poppe in der Weise vorbereitet, dass man es sorgfältig rein wäscht und mittelst Wurfsieben von verschiedener Maschenweite sortirt.

1.	Sorte,	Kies	so	gross	wie	eine Aprikose,	grösser	als	60	mm
2.	〃	〃	〃	〃	〃	kleine Aepfel,	〃	〃	45	〃
3.	〃	〃	〃	〃	〃	eine Wallnuss,	〃	〃	30	〃
4.	〃	〃	〃	〃	〃	〃 Haselnuss,	〃	〃	15	〃
5.	〃	〃	〃	〃	〃	Erbsen,	〃	〃	7,5	〃
6.	〃	〃	〃	〃	〃	Hanfsamen,	〃	〃	4	〃
7.	〃	Sand*)	〃	〃	〃	Leinsamen,	〃	〃	2	〃

Der Sand bildet die eigentliche filtrirende Schicht; je gleichmässiger im Korn und je feiner man denselben nimmt, desto vollkommener wird die Filtration des Wassers, aber bei feinerem Korn nützt sich das Filter auch um so rascher ab und wachsen die Kosten. Wie der Boden eine vollkommene Läuterung nur dann bewirkt, wenn das Wasser eine längere Strecke in ihm zurücklegt und die Berührungsdauer keine zu kurze ist, bedarf das Filter einer gewissen Mächtigkeit und ist der Wasserdruck so zu reguliren, dass die Geschwindigkeit sich gleichmässig innerhalb der entsprechenden Schranken hält. Eine Mässigung des Wasserdrucks ist indessen ohnehin erforderlich, um sowohl ein Durchpressen der Schlammtheilchen durch die Poren des Filters als auch ein Fortspülen der von früher schon abgelagerten ungelösten Wasserbestandtheile zu verhüten.

Es ist üblich, dem Filter zum mindesten eine Gesammtmächtigkeit von 1,5 m zu geben, wovon auf die eigentliche filtrirende Sandschicht 0,5 bis 1 m entfallen; die übrigen Schichten werden 10 bis 15 cm stark angelegt.

Die Mächtigkeit des Filters hat auch für die Temperatur des Wassers eine Bedeutung, insofern dieselbe mit der Tiefe des Bassins sich mehr der gestellten Anforderung in Hinsicht der Gleichmässigkeit und Frische nähert. In gleicher Weise soll dieselbe den Vor-

*) Gill u. Fölsch verlangen für die Filter der Hamburger Stadtwasserkunst als Korngrösse des Sandes 1,5 mm im Maximum.

theil bieten, dass nicht so leicht in den Filterschichten Vegetationen überhand nehmen.

Die Filter soll man nicht zu gross anlegen und ihnen eine grössere Flächenausdehnung als 3600 qm nutzbare Sandfläche nicht geben.

Die Filtrirgeschwindigkeit hängt von mehreren Faktoren ab und zwar einestheils von der Druckhöhe, beziehungsweise dem Unterschied in der Höhe des Wasserspiegels über dem Filter (des sogenannten Oberwasserspiegels) und des Ausflusses im Reinwasserbassin, anderentheils von der Durchlässigkeit des Filters und dem Grade der Verunreinigung des zu filtrirenden Wassers, insofern stärker verunreinigtes Wasser, namentlich wenn es fein zertheilten Thon enthält, langsamer filtrirt werden muss, um rein zu werden.

Die Geschwindigkeit wird regulirt durch Aenderungen im Druck, indem man entweder dem Wasser über der obersten Filterschicht einen hohen oder niedrigen Stand gibt oder die Einmündung im Reinwasserbassin an tiefer oder hoher Stelle erfolgen lässt. Das letztere ist durch die Einrichtung einer sogenannten Aequilibriumsröhre im Reinwasserbassin ermöglicht, welche eine Ausflussmündung unterhalb des Niveaus der Bodenfläche des Filterbassins und eine zweite etwa 0,3 m unter dem Niveau des Oberwasserspiegels hat, die durch eine Ventilvorrichtung nach Belieben geöffnet oder verschlossen werden können. Als mittlere Geschwindigkeit kann man 0,15 m per Stunde annehmen, bei sehr trübem Wasser darf dieselbe höchstens 0,08 bis 0,1 m per Stunde betragen, jedoch bei reinerem Wasser bis zu 0,25 m per Stunde gesteigert werden.

Da die Leistung des Filters (Q) sich berechnet aus dem Produkte von Filtrirgeschwindigkeit (v) und Filterfläche (F), so würden wir vom Quadratmeter Filterfläche in 24 Stunden als filtrirtes Wasserquantum erwarten können:

bei sehr trübem Wasser	1,9 cbm
bei wenig verunreinigtem Wasser	6,0 "
unter mittleren Verhältnissen*)	3,6 "

Ueber die Leistung der Filter zur Zeit des Maximal-Verbrauchs der Sommertage haben Gill und Fölsch an den zur Filtration von Elbwasser angelegten Wasserwerken zu Altona und Magdeburg direkte Beobachtungen gemacht und dieselbe in Altona zu 2 bis 2,6, in Magdeburg aber bei normalem Sommerbetriebe zu 2,4 cbm per qm in 24 Stunden gefunden.

Diese Begrenzung der Filtrirgeschwindigkeit gibt die Grundlage zur Berechnung des Bedarfs an Filterfläche. Um nicht zu grosse Anforderungen in letzterer Hinsicht zu stellen, ist es rathsam Klär-

*) Salbach[7]) rechnet 2 bis 3 cbm.

bassins anzulegen, in welchen während der Regenzeit, in der das Flusswasser besonders trübe ist, das Wasser zur Filtration vorbereitet wird.

Da mit der Dauer der Benutzung die Filterporen von den Ablagerungen allmählich verlegt werden, muss der Oberwasserstand behufs Steigerung des Drucks mit der Zeit mehr und mehr erhöht werden, jedoch gilt es als unzulässig, damit höher als 1,1 m zu gehen und ist das Filter sobald diese Grenze erreicht wird, behufs Reinigung ausser Betrieb zu setzen.

In Hinsicht der Dauer, während welcher ein Filter brauchbar bleibt, lässt sich nichts Bestimmtes angeben, da dieselbe vom wechselnden Grade der Verunreinigung des zu filtrirenden Wassers abhängt. Erfahrungsgemäss hält sich das Filter, falls das Wasser einigermaassen klar ist, monatelang, verlangt dagegen nach wenigen Tagen schon eine Reinigung, wenn das zu filtrirende Flusswasser nach starken Regengüssen erhebliche Mengen von Schlammtheilen und erdigen Beimengungen führt.

Da sich die Ablagerung hauptsächlich in der obersten Schicht vollzieht und die Verunreinigung der Filters nicht tiefer als 3 bis höchstens 5 cm reicht, beruht das Verfahren der Reinigung lediglich darauf, dass man diese verschlammte Schicht abträgt und wieder erneuert; dazu kann das nämliche Material, nachdem es sorgfältig ausgewaschen ist, wieder verwendet werden. Auch hat man zur Reinigung der Filter ein Verfahren, welches das Abtragen der obersten Schicht nicht verlangt: Man lässt einfach das Wasser durch das Filter in entgegengesetzter Richtung aufsteigen und spült so die Ablagerungen aus den Poren wieder heraus.

Der Frage nach der Wirkung der Filtration[6] sind eine Reihe, zum Theil sehr eingehender und vorzüglicher experimenteller Arbeiten gewidmet worden und kann es als eine unumstössliche Thatsache erachtet werden, dass man von dem Filtriren des Wassers mehr erwarten kann als ein blosses Abseihen der nicht gelösten Bestandtheile. Man weiss insbesondere durch die Beobachtungen der englichen Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung (VI. Report S. 217 u. ff.), dass das Wasser bei der Filtration durch Sand, wie dieselbe in grossen Wasserwerken üblich ist, sowohl geklärt wird, als auch einen Theil seiner gelösten organischen Stoffe abgibt.

Frankland[4] (a. a. O. S. 68 u. ff.) erwähnt folgendes Beispiel der Wirkung, welche die Filtration auf Flusswasser, auf das Themsewasser der Chelsea Company äusserte. Das Wasser ist selbst nach dem Absetzen noch schwach getrübt, nach dem Filtriren dagegen ist es klar und durch-

sichtig; Proben, welche vor und nach dem Filtriren entnommen wurden, enthielten den folgenden Bestand an organischen Elementen (mg i. l)

	org. Kohlenstoff	org. Stickstoff
vor dem Filtriren	3,25	0,46
nach dem Filtriren	2,58	0,32.

Dieser Mittheilung fügt Frankland die Bemerkung bei, dass Filtration durch eine 2 m dicke Schicht gewöhnlichen porösen Bodens bei weitem wirksamer ist als die gedachte Sandfiltration, wenn das Durchfliessen nach je sechs Stunden unterbrochen und der Luft Zutritt zu den Poren des Bodens (durch vollständige Entleerung der Filter bis zur Sohle) gestattet wird. Ein solcher intermittirender Filtrationsprocess, durch welchen die sämmtlichen Sielwasser der Stadt Merthyr Tydfil gereinigt werden, gibt beispielsweise folgendes Resultat (mg i. l)

Sielwasser nach der Fällung mit Kalk	gelöster		suspendirte		
	organ. Kohlenstoff	organ. Stickstoff	organ. Materie	mineral. Materie	Gesammtgehalt
vor dem Filtriren	12,82	9,52	65,6	78,8	144,4
nach dem Filtriren . . .	1,23	0,31	Spur	Spur	Spur

Diese Wirkung wird in Hinsicht der Reinigung von organischer Materie verhältnissmässig eine vollständigere sein, wo die Boden- und Gesteinsschicht, durch welche das Wasser sickert, eine grössere Dicke hat. So verändert sich Drainirwasser von kultivirtem Land nach dem Durchgang durch eine 80 m dicke Kreideschicht (Themsebassin):

	org. Kohlenstoff	org. Stickstoff
vor dem Durchsickern (Drainirwasser)	8,15 mg	1,21 mg
nach dem Durchsickern (Tiefbrunnenwasser)	0,27 „	0,06 „

Zwischen dem vollendeten Processe der erschöpfenden natürlichen Filtration, welche die Wässer auf ihrem Niedergang von der beschmutzten Erdoberfläche zu den Quellen und Tiefbrunnen erfahren und einer Filtration durch eine wenige Fuss dicke Sandschicht ist aber ein grosser Unterschied, gleichwohl ist selbst diese unvollkommene Behandlung von bemerkenswerthem wohlthätigen Einfluss (Frankland).

Wenn wir die von der englischen Commission mitgetheilten Beobachtungen über die von den Londoner Wassergesellschaften gelieferten filtrirten Wässer überblicken, tritt uns nicht allein die Thatsache entgegen, dass die Abnahme der organischen Stoffe eine ungleichmässige ist, sondern dass selbst in Hinsicht der Klärung des Wassers die Filter nicht selten zu wünschen übrig lassen, auch ist es eine bekannte Erfahrung, dass das Wasser beim Filtriren noch eine geringe Zunahme an löslichen Stoffen erfährt. Für eine Verminderung des Gehaltes an organischen Stoffen durch Oxydation (Nitrification) wird

das Wasser naturgemäss eine Vermehrung des Salpetersäuregehaltes erleiden können, überdies kann es auch aus dem reingewaschenen Filtersand geringe Mengen von mineralischen Körpern lösen.

In Hinsicht der Frage, ob die Filter in zuverlässiger Weise die im Wasser enthaltenen Mikroorganismen zurückhalten, sind die Beobachter in der Mehrzahl zu der Ueberzeugung gelangt, dass dieses nicht der Fall ist. Es gilt aber diese Erfahrung nicht sowohl von der Sandfiltration, sondern überhaupt von allen Filtrationsverfahren. Auch geben sie für die Vernichtung gelöster, verdächtiger oder gesundheitsschädlicher Stoffe z. B. des putriden Giftes, keine Gewähr.

Man hat wiederholt vorgeschlagen den Effekt der Sandfiltration durch gleichzeitige Anwendung von chemischen Agentien zu steigern und damit die Filtrirzeit zu kürzen. Ein solches Verfahren ist von Gerson vorgeschlagen worden, welches darin besteht, dass das Wasser zuerst sehr rasch durch mit Eisen imprägnirte Schwämme, Sand und andere Materialien filtrirt und hierauf gleichfalls ziemlich rasch einer Nachfiltration unterworfen wird. Nach Gill und Fölsch sind Apparate dieser Art für die Central-Versorgung einer grossen Stadt durchaus ungeeignet, „sie gehören entschieden zu dem Kleingewerbe des Filtrations-Verfahrens".

*Die Filtration im Kleinen.**)

Es erübrigt, hier noch der vielen Verfahren und Apparate zu gedenken, welche für den kleinen Betrieb, den Hausbedarf und die Gewerbe, für den Gebrauch des Einzelnen (Soldaten, Touristen) empfohlen worden sind. Dieselben haben auch für Orte eine Bedeutung, deren Wasserwerke die Filtration im Grossen ausführen, wenn die letztere in ihrer Wirkung zeitweise nicht vollkommen befriedigt. In Berlin und Leipzig leisten sie z. B. gute Dienste zur Beseitigung der durch Abscheidung von Eisen bedingten Trübungen des Wassers.

Als Filtermaterial für solche sogenannten Hausfilter wird ausser dem bei der Filtration im Grossen gebräuchlichen auch angewandt: Kohle (Thierkohle, Holzkohle, plastische Kohle), natürliche und künstliche poröse Steine (grès filtrant), Eisenschwamm, Schafwolle und Baumwolle (Gewebe, Filzabfälle, getränkt mit Chemikalien z. B. Gerbsäure, Alaun, Eisensalzen), Seeschwämme u. s. w. Von diesen verdienen nur die Kohle (besonders die Thierkohle) und der Eisenschwamm, höchstens noch die porösen Steine, eine Empfehlung; die übrigen Filtermaterialien neigen zur Fäulniss.

Wie bei der Sandfiltration und ihrem Vorbilde, der selbstthätigen Filtration im Boden, ist auch hier der Erfolg an gewisse Bedingungen geknüpft. So nimmt derselbe umsomehr ab, als die Verunreinigung

*) Vgl. F. Fischer[1]), B. Salbach[7]).

im Wasser concentrirt ist und wächst je nach der Mitwirkung der Luft (intermittirende Filtration), der Dauer der Berührung von Wasser und Filter, der Dicke der Filterschicht.

In Folge dieser Abhängigkeit von mehreren Faktoren muss je nach der Art der Ausführung der auf den Nachweis der Wirksamkeit eines Filters gerichteten Versuche, je nach der Dauer der Berührung u. s. w. das Ergebniss verschieden ausfallen. Es darf daher nicht befremden, wenn von einer Seite gepriesen wird, was ein anderer nicht minder glaubwürdiger Beobachter tadelt.

Jedenfalls geht aus den Widersprüchen in den Urtheilen über den Werth der Hausfilter die Thatsache hervor, dass man kein Filter besitzt, welches nicht eine aufmerksame Ueberwachung verlangt, um zu verhüten, dass das Wasser durch das Filtriren nicht verschlechtert wird. Vor allen Dingen ist darauf zu achten, dass die Filter häufig gereinigt und eventuell gelüftet werden. Wie oft diese Reinigung erforderlich ist, lässt sich nicht im Allgemeinen sagen, da das Bedürfniss je nach dem Zustand des Wassers früher oder später hervortritt.

Die Kohle wird entweder in zertheiltem Zustande oder auch gepresst als sog. plastische Kohle zur Herstellung von Filtrirapparaten angewandt.

Der Eisenschwamm ist ein poröses, nur aus Eisen bestehendes Material, das nach einem Verfahren von G. Bischof durch Reduktion von Hämatit mit Kohle bei möglichst niedriger Temperatur gewonnen wird.

Die Construction der Filtrirapparate ist eine überaus mannigfaltige, bald sind dieselben dazu bestimmt, in die Wasserleitung eingeschaltet oder mit den Auslässen direkt durch Verschraubung oder vermittelst kleiner Behälter mit Schwimmervorrichtung verbunden zu werden, bald werden sie im Brunnenschacht am Saugrohr der Pumpe angebracht, bald sollen sie das in Behältern befindliche Wasser filtriren. Dementsprechend wirkt der Apparat durch Pressen oder durch Saugen, bald mit hohem, bald mit geringem Druck.

Die einfachsten Kohlenfilter für das Haus und für einzelne Personen sind die aus plastischer Kohle gefertigten, deren Filtrirkörper mit einem Gummischlauche verbunden ist; die Kohle wird in den das Wasser enthaltenden Behälter gelegt, die Luft aus dem Filter und Schlauche ausgesaugt, alsdann der Schlauch über den Rand des Behälters frei herabhängen und in ein Gefäss münden gelassen, welches das durch Heberwirkung nun ablaufende Wasser aufnimmt.

Solche Filter können dadurch gereinigt werden, dass man nach ihrem

Gebrauch durch Einblasen von Luft in den Schlauch die Schlammtheilchen aus den Poren austreibt; als zweckdienlich wird auch das Waschen mit Kaliumpermanganat und, freilich als letztes Mittel, das Abfeilen der filtrirenden Fläche empfohlen.

Die Eisenschwammfilter in der von G. Bischof angegebenen Form stellen etwas complicirte Apparate dar, in welchen für eine nach Raum und Zeit möglichst grosse Berührung des Wassers mit dem Filtermaterial Sorge getragen ist. Ausser Eisenschwamm werden dabei auch noch Schichten von Sand und Braunstein angewandt. Der Eisenschwamm darf im Apparat nie trocken gelegt werden, weil er sonst durch Rostbildung unbrauchbar würde; es wirkt daher nur der gelöste Sauerstoff, den das Wasser selbst mitbringt, hier oxydirend.

Im Widerspruch mit Wigner[9] und Bischof[10] hat L. Lewin[9] nachgewiesen, dass die Eisenschwammfilter Fäulnissbakterien durchlassen, und überhaupt nicht die von anderer Seite gerühmte Wirkungsfähigkeit bestätigen können.

Literatur. 1) F. Fischer, Die chemische Technologie d. Wassers. Braunschweig 1878/80. — 2) F. Hueppe, Ueber die Hitze als Desinfektionsmittel. Deut. Militärärztl. Zeitschr. 1882. — 3) Deut. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1869. I. S. 107. — 4) E. Frankland, Ueber Trinkwasser, in A. W. Hofmann's Bericht über die Entwickelung der chemischen Industrie. 1. Hälfte. Braunschweig 1875. S. 68. — 5) F. König, Anlage u. Ausführung von Wasserleitungen u. Wasserwerken. 2. Aufl. von L. Poppe. Leipzig 1878. S. 206 u. 221. — 6) H. Gill und A. Fölsch, Gutachten über das Projekt d. Filtration zur Hamburger Stadtwasserkunst. März 1881. — 7) B. Salbach, Wasserversorgung der Gebäude. Handbuch d. Architektur. 4. Bd. Darmstadt 1881. S. 279. — 8) J. P. Kirkwood, Die Filtration des Flusswassers zur Versorgung d. Städte. Deutsch v. A. Samuelson. Hamburg 1876; E. Grahn u. F. A. Meyer, Reisebericht d. Hamburger Commission über künstliche centrale Sandfiltration zur Wasserversorgung von Städten und über Filtration im kleinen Maassstabe. Hamburg 1877; W. R. Nichols, On the filtration of potable water. Boston 1878; C. Piefke, Mittheilungen über natürliche u. künstliche Sandfiltration. Berlin 1881; F. Wibel, Die Fluss- und Bodenwässer Hamburgs. Hamburg 1876 und Fortsetzung 1877. — 9) The Engineer. 1879. 22. — 10) Dingler's polyt. Journ. 210, 49; 227, 73; Zeitschr. f. Biologie 1879. XV. S. 479. — 11) Zeitschr. f. Biologie 1878. XIV. S. 483.

ACHTES CAPITEL.

Die Zuleitung und Vertheilung des Wassers.

Die Zuführung zum Verbrauchsort.*)

Für die centrale Versorgung wird das Wasser von der Stelle der Entnahme nach dem Bestimmungsorte geleitet und dort, sei es

*) Vgl. König-Poppe[1]) S. 89; E. Schmitt[2]) S. 96.

mit oder ohne Einschaltung eines Reservoirs an das Röhrennetz abgegeben, welches die Vertheilung an die einzelnen Verbrauchsstellen übernimmt.

Diese Zuführung kann, wenn die Bezugsquelle hinreichend hoch über dem Bestimmungsorte liegt, mittelst natürlichen Gefälles in gemauerten Kanälen, Rohrkanälen oder Röhrenleitungen geschehen, durch welche das Wasser in das Hochreservoir fliesst (Gravitationsleitung).

Im anderen Falle wird eine Hebungsanlage erforderlich, von welcher aus das Wasser entweder mit natürlichem Gefälle nach dem zu versorgenden Ort geleitet oder mit direktem durch Maschinenkraft erzeugten Druck befördert wird (Hochdruckleitung). Die Versorgung unter Hochdruck kann nur in geschlossener Röhrenleitung (Druck- oder Steigrohr) geschehen, an welche entweder direkt das Röhrennetz sich anschliesst oder unter Vermittelung eines Reservoirs (Wasserthürmchen oder Hochreservoir).

Das Wasserthürmchen ist ein auf hohem Unterbau stehendes kleines Reservoir mit Ueberlauf, von welchem aus das vom Druckrohr zugeführte Wasser durch die sog. Fallröhre nach dem Rohrnetz abfliesst.

Für die Einschaltung von Wasserthürmchen lag früher, bevor man bessere und einfachere Mittel kannte, ein Bedürfniss vor, indem denselben die Aufgabe zufiel, eine übermässige Steigerung des Druckes, welche in dem Rohrnetz beim zeitweiligen Nachlassen des Consums auftritt, sowie starke Druckschwankungen in Folge von Unregelmässigkeiten in der Funktion der Druckpumpen auszugleichen. Heutzutage versieht man zum gleichen Zweck die Druckpumpe mit grossen Windkesseln und rüstet die Druckröhre mit einem Sicherheitsventil aus, welches selbstthätig sich öffnet und Wasser ausfliessen lässt, sobald die Pumpen mehr Wasser fördern als der Bedarf ist.

Der Wasserverbrauch zeigt nicht sowohl in den verschiedenen Jahreszeiten als auch je nach Tagesstunden und Wochentagen grosse Schwankungen. Um dem zu Zeiten auftretenden stärkeren Bedarf zu genügen, muss entweder das Wasserwerk so leistungsfähig sein, dass es das Maximum an Wasser regelmässig zuführt, beziehungsweise im Bedarfsfalle ohne Störung im Bezug liefern kann, oder es ist die Anlage grosser Reservoire erforderlich (Hochreservoir, Reinwasserbassin), in welchen der Ueberschuss aus den Tageszeiten mit geringerem Verbrauch für die anderen mit hohem Bedarf aufgespeichert wird.

Bei der Hochdruckleitung ist das Wasserwerk mitunter durch die oben erwähnte Einrichtung — Pumpen mit Windkessel, selbstthätige Ventile und andere Regulirvorrichtungen — im Stande, das Wasser direkt, unter Vermeidung der Magazinirung, an die einzelnen

Verbrauchsstellen zu liefern, ohne der Besorgniss Raum zu geben, dass mit der Abnahme des Consums ein nachtheiliger Ueberdruck in der Leitung oder in der Zeit des gesteigerten Bedarfs ein Wassermangel für die Abnehmer eintreten könnte. Ein derartig angelegtes Wasserwerk kann aber, wenn der Ueberschuss unverwerthet abfliesst, unter erheblichen Verlusten an Wasser arbeiten, welche dem Unternehmer je nach der Betriebskraft der Wasserhebungsmaschine mehr oder weniger theuer zu stehen kommen. Man wird sonach auch bei Projektirung von Druckleitungen die Anlage von Reservoiren in Erwägung zu ziehen haben oder wenigstens die Thätigkeit des Pumpwerkes nach Maassgabe der stündlichen Schwankungen im Verbrauch reguliren müssen.

Die Hochreservoire leisten zudem für Löschzwecke vorzügliche Dienste, indem sie grosse Wassermassen zu Gebote stellen, welche mittelst an die Hydranten angeschraubter Schläuche ohne Weiteres zur Bewältigung der Feuersgefahr dienen können.

In den modernen Wasserleitungen herrscht meistens ein Druck von 3 bis 6 Atmosphären, selten mehr als 6 bis 8 Atmosphären (Salbach[3]).

Das Wasser wird bisweilen aus weiter Entfernung zugeleitet und zeichnen sich insbesondere manche Quellwasserleitungen durch eine beträchtliche Länge aus. Die Entfernung der Quellen vom Bestimmungsort beträgt z. B. für Danzig 20 km, Altenburg 25 km, Gotha 33 km, München (Mangfallprojekt) 40 km, Frankfurt a/M. 82 km, Wien 97 km.

Die Wasserleitungen der Stadt Paris sind besonders lang, die Leitung von der Dhuis fast 131 km, die von der Vanne 173 km; dieselben übertreffen an Länge sogar die 9 Aquädukte des alten Rom (bis 39 v. Chr.), welche zwischen 19,5 und 100,6 km lang waren.

Man hat sich zu fragen, ob nicht das Wasser, wenn es einen so langen Weg zurücklegen muss, in seiner Temperatur Aenderungen erfährt, welche es zeitweise entwerthen. Es liegen zur Beurtheilung dieses Punktes in der Literatur mehrere Angaben über sorgsame Temperaturbeobachtungen vor, deren Ergebniss ein wider Erwarten günstiges war.

So fand Kerner die Temperatur des Wassers der Frankfurter Leitung, das von den Quellen im Vogelberg und Spessart bis zum Hochbehälter in Frankfurt etwa 22 Stunden unterwegs ist, in den heissesten Tagen des Jahres 1875

an den entferntesten Quellen (Fischborn) zu	9°	C.
beim Einlauf in den Hochbehälter „	10	„
beim Einlauf in den Gegenbehälter „	12,75	„

Um zum Gegenbehälter zu gelangen, legt das Wasser im Stadtrohrnetz noch einen Weg von etwa 6000 m zurück.[4]

Erfahrungen dieser Art berechtigen zur Annahme, dass in einer richtig gelegten Leitung das Wasser bei seinem Laufe von der Bezugsquelle bis zum Bestimmungsort weder im Winter zu kalt noch im Sommer zu warm wird.

Eine erhebliche Temperaturveränderung erfährt das Wasser dagegen im Stadtrohrnetz und namentlich in den Hausleitungen, was auch obige Beobachtung von Kerner erkennen lässt. Krieger[5] bestimmte in den Nachmittagsstunden eines mässig warmen Tages die Temperatur des Wassers im Karlsruher Gegenreservoir sogar zu beinahe 18° C.

Die Leitungen.

Das Leitungsmaterial soll so beschaffen sein, dass es dem Wasser weder schädliche noch unangenehme Eigenschaften ertheilt, dass es weder vom Wasser noch von äusseren Einflüssen angegriffen wird, dass es vollkommen dicht und gegen inneren und äusseren Druck widerstandsfähig ist.

a) Gemauerte Kanäle.

Die gemauerten Kanäle werden mit kreisrundem oder eiförmigem Querschnitt am häufigsten aus Ziegelsteinen hergestellt, die mit hydraulischem Mörtel wasserdicht gemauert und aussen zum Schutz gegen das Eindringen von Grund- und Tagewasser verputzt sind. Das Innere erhält einen glatten Cementverputz.

In gleicher Weise werden auch Kanäle aus Bruchsteinmauerwerk gebaut, welche innen mit einer Ziegelschicht verblendet sind.

Um etwaige Beschädigungen leicht entdecken, eine Reparatur oder Reinigung vornehmen zu können, müssen die Kanäle wenigstens doch so gross angelegt werden, dass sie noch schliefbar sind. Für den gleichen Zweck gibt man ihnen in Entfernungen von 300 m Einsteigschächte und Ablasskanäle. Längere Leitungen machen auch die Anlage von Ventilationsröhren (Ventilationsthürmchen) von etwa 1500 bis 2000 m Abstand erforderlich, welche gleichzeitig zur Controle des Wasserstandes dienen können (Eichthürmchen).

Die Kanäle führt man durch Berge mittelst Tunnels und über Thäler mittelst Brückenanlagen (Aquädukte der Alten).

Bei Thälern über 15 m Höhe gilt es, schon wegen der geringen Kosten, als rationeller, anstatt der Ueberbrückung eiserne Röhren,

sog. Heberrohre oder Siphons, in den Kanal einzuschalten, welche dem Thalprofil folgend, in den Boden der beiden Abhänge und der Sohle des Thales gelegt werden.

Der eine Schenkel dieses Hebers, der das Wasser wieder nach aufwärts leitet, ist etwas kürzer als der andere, so dass der Auslauf tiefer als der Einlauf liegt und zwar um soviel, als die zur Ueberwindung des Reibungswiderstandes in der Leitung erforderliche Druckhöhe beträgt.

Ablenkungen aus der vertikalen Richtung, die unter Anwendung von besonderen Bogenröhren ausgeführt werden, dürfen nur in möglichst sanften Krümmungen geschehen, bei einer wellenförmigen Anordnung der Leitung werden auf den Scheitelpunkten des Rohrstranges Lufthähne angebracht, um die sich ansammelnde Luft von Zeit zu Zeit ablassen zu können.

An ihrem tiefsten Punkte erhält die Heberröhre eine Ablassvorrichtung, mittelst welcher das Wasser entleert werden kann.

Gegen Temperatureinflüsse werden die Kanäle dadurch geschützt, dass man sie in den Boden verlegt. Wo dies nur bis zu einer geringen Tiefe geschehen kann, sind Erddämme von mindestens 0,8 m über dem Gewölbescheitel aufzuwerfen.

Leitungen aus gemauerten Kanälen sind solider und sichern eher einen ungehinderten Betrieb als Rohrkanäle, aber auch theuerer und weniger rasch herzustellen. Sie sind im Allgemeinen den Druckrohrleitungen vorzuziehen, wo das Wasser aus grosser Entfernung und in bedeutender Menge herzuleiten ist.

b) Rohrkanäle.

Die Rohrkanäle stellt man aus einzelnen kurzen Cement- oder Thonröhren her, welche für Leitungszwecke eigens fabricirt werden. Gewöhnlich haben dieselben ein kreisrundes Profil, die Cementröhren mitunter auch einen eiförmigen Querschnitt.

Für Leitungen, welche ein grosses Wasserquantum führen sollen, sind Rohrkanäle weniger geeignet, weil die Röhren nicht so weit und stark geliefert werden. Auch ist ihre Anwendung deshalb eine beschränkte, weil sie einen stärkeren inneren oder äusseren Druck nicht aushalten. Um sie gegen letzteren zu schützen, legt man sie mindestens 1,5 m tief in den Boden.

Zur Verhütung des Temperatureinflusses wird für Thonröhren 1,5 m Erdüberdeckung verlangt.

Die Cementröhren (Betonröhren) sind aus einem mit Wasser angerührten Gemenge von Cement und Sand oder Kies gegossen.

Beim Legen werden die mit einem Falz versehenen Enden unter Anwendung eines dünnen Cementmörtels nach vorheriger Befeuchtung

zusammengefügt und wird auf die Stossfuge noch ein Wulst von Cementmörtel aufgetragen.

Wo es vortheilhaft erscheint, eine weniger starre Verbindung der Röhre herzustellen, bei welcher der Rohrstrang den Erschütterungen des Bodens nachgeben kann, wird anstatt des Cementmörtels ein Kitt aus ungelöschtem Kalk und Steinkohlentheer angewandt und dieser mit Hanfstricken und einem eisernen Ring um die Stossfuge gelegt.

Die Meinung, dass das Wasser beim Durchfliessen von Cementröhren Kalk aufnehme und härter werde, hat sich als nicht begründet erwiesen.

Die Thonröhren (Thon-, Steingut- oder Porcellanröhren) sind durch Pressen eines Gemenges von Thon, Sand und Kalkmergel angefertigt, werden gebrannt und glasirt. Sie haben Muffen zur Verbindung, welche beim Legen entweder mit einem nicht treibenden Cement, mit Letten oder mit einem Harzkitt verdichtet werden.

Um einem zufälligen Auftreten von bedrohlichen Stauungen in den Rohrkanälen vorzubeugen, werden von Strecke zu Strecke kleine gemauerte Behälter, Ueberlaufkammern, eingeschaltet, aus welchen das gestaute Wasser durch Ueberlauf einen Ausweg findet; dieselben erfüllen zugleich den Zweck von Ventilationsschächten. Die Abstände ergeben sich aus dem Gefälle, indem der Höhenunterschied zwischen zwei Kammern nicht über 4 m betragen darf.

c) Röhrenleitungen.

Für Röhrenleitungen dienen als Material vorzugsweise Röhren aus Gusseisen, welche nach Salbach (a. a. O. S. 85) bei einem Probedruck von 12 Atmosphären unter gleichzeitigem Hämmern der Röhre mit eisernen Hämmern von 0,5 bis 1,5 kg Gewicht geprüft sein sollen.

Die Eisenröhren*) zeichnen sich durch eine grosse absolute und relative Festigkeit aus, sind leicht zu verbinden und in jeder für Anschlüsse und Abzweigungen wünschenswerthen Form zu giessen (Façonstücke).

Die Erfahrungen hinsichtlich der Dauerhaftigkeit dieses Rohrmaterials sind zum grossen Theil sehr günstig. So hat man seiner Zeit in Frankfurt beim Aufnehmen einer über 200 Jahre alten Leitung noch die Hälfte der Röhren brauchbar gefunden, und sah in Kassel nach 50jährigem Gebrauche die Röhren einer Leitung innen noch spiegelblank, aussen nur an wenigen Stellen zerfressen.

Auf der anderen Seite liegen aber auch Beobachtungen vor, laut welchen die Röhren vom Wasser stark angegriffen wurden; in solchen

*) Vgl. F. Fischer[6]).

Fällen leidet dann nicht nur die Röhre durch Rostbildung, sondern auch das Wasser*), welches Eisen aufnimmt und unter Umständen einen tintenartigen Geschmack bekommt. Häufiger nehmen die Eisenröhren durch Verrosten von aussen Schaden, besonders wenn sie im Bereiche der Grundwasserschwankungen bald nass bald trocken liegen.

Eine eigenthümliche Erscheinung ist das Auftreten von birnförmigen Concretionen (Rostknollen) in eisernen Röhren, welche in einem Falle nach Analyse von Berthier aus 58,2 % Eisenoxyd und 21 % Eisenoxydul (nach Gueymard aus 55,8 % Eisenoxyd und 8,6 % Eisenoxydul) — nicht aus Kalk, wie angenommen wurde — bestanden. Das Auftreten von Rostknollen kann dazu führen, dass die Rohrstränge mehr und mehr unwegsam werden, so konnte die 3200 m lange Wasserleitung von Grenoble nach 7 Jahren nicht mehr die Hälfte des früheren Wasserquantums fördern.

Die Ursache dieser Erscheinung ist noch nicht klar gestellt worden.

Man hat viele Mittel zur Conservirung der Eisenröhren empfohlen. Am besten hat sich das Verfahren von Angus Smith bewährt, nach welchem die von Rost gereinigten erwärmten Röhren in eine Mischung von Theer und Leinöl, die auf 150 ° C. erhitzt ist, eingetaucht werden.

Die Verbindung der Röhren geschieht im Allgemeinen entweder mittelst Muffen oder mittelst Flanschen.

Zur Muffenverbindung hat jede Röhre am einen Ende eine becherartige Erweiterung, in welche das cylindrische Ende (Schwanzende) der anderen Röhre gesteckt wird. Der Zwischenraum zwischen beiden wird mit lose gedrehten, getheerten beziehentlich in Leinöl getränkten Hanfstricken zu etwa 2/3 der Muffentiefe ausgestampft, mit Blei ausgegossen und schliesslich verstemmt.

Das Verdichten der Muffenverbindung verlangt auch insofern grosse Sorgfalt, als nach einer Beobachtung der englischen Kommission für die Verhütung der Flussverunreinigung (VI. Rep. S. 221) die Möglichkeit besteht, dass das Wasser durch die Berührung mit dem Hanf einen schlechten Geschmack annimmt.

Für die Flanschenverbindung haben beide Enden der Röhren Scheiben mit Schraublöchern und wird die Verbindung dadurch hergestellt, dass die Röhren mit einer Zwischenlage eines concentrischen Verdichtungsringes aus Gummi, Leder, Blei, Pappe oder dgl. zusammengestossen und durch Anziehen der Schrauben an einander gepresst werden.

Die Rohrstränge werden, um sie vor Witterungseinflüssen und Erschütterungen zu schützen, mit einer Ueberdeckung von 1 1/2 bis 2 m in den Boden verlegt.

---

*) Ueber den Einfluss der Crenothrix polyspora siehe S. 132.

Ablenkungen der Rohrleitung aus der geraden Richtung lassen sich entweder durch Einschalten von gebogenen Rohrstücken oder durch schräges Einstecken der Röhre in die Muffe herstellen; das letztere Verfahren ist jedoch nur für schwache Krümmungen anwendbar. Abzweigungen stellt man mit gabelförmigen Rohrstücken (Abzweigstutzen) her.

Wenn an das Haupt- oder Stammrohr direkt sich die Nebenleitung mit mehreren Rohrsträngen anschliessen soll, verwendet man auch als Zwischenstück cylindrische Behälter aus Gusseisen (Vertheilungs- oder Theilkasten), welche ausser den erforderlichen Ansatzstutzen mit Flanschen einen aufgeschraubten Deckel, darauf eine Schraube zum Beseitigen von Luftansammlungen und am Boden einen Schieber oder Hahn als Ablassvorrichtung haben.

Mit Rücksicht auf Reparatur- und Anschlussarbeiten werden die Zweigleitungen dicht bei ihrem Anschluss an die Stammleitung mit Absperrvorrichtungen (Schiebern) versehen. Desgleichen sind, damit man für derartige Zwecke das Wasser ablassen kann, Entleerungsvorrichtungen anzubringen.

Um den, am höchsten Punkte der Leitung zeitweise auftretenden, Luftansammlungen zu begegnen, welche der Bewegung des Wassers sehr hinderlich werden können, sind an solchen Stellen Lufthähne aufzusetzen. Selbstthätige Ventile haben sich für diesen Zweck wenig bewährt.

Mit gutem Erfolg hat man, wenigstens für kleinere Orte, auch Asphaltröhren angewandt, welche mit Stossfugen an einandergelegt und mit eisernen Muffen und Asphaltkittdichtung verbunden werden. Die Asphaltröhren sind durch Aufrollen von Papier mit einer Einlage von geschmolzenem Asphalt und durch Zusammenpressen fabricirt und haben innen einen feinen, gegen Wasser nicht empfindlichen Firnissanstrich.

Man rühmt von diesem Leitungsmaterial, dass es von fast unbegrenzter Dauer, widerstandsfähig, wasserdicht und relativ billig sei.

Holzröhren wurden früher für kurze Rohrstränge häufig benutzt, man wählte dazu mit Vorliebe Fichten- oder Rothtannenstämme, die im Spätherbst gefällt waren. Dieselben sind von geringer Dauer (12 Jahre), werden leicht undicht und ertheilen dem Wasser einen Beigeschmack. Mitunter dringen Wurzeln und andere Vegetationen aus dem Boden in dieselben ein.

Von den Vorschlägen zur Conservirung, z. B. mittelst Kalkmilch, hat keiner sich bewährt.

Als ein vorzügliches Rohrmaterial, das sich nicht sowohl in Hinsicht der Reinlichkeit als auch der Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen inneren und äusseren Druck auszeichnen soll, werden auch die Glasröhren genannt. Eine verbreitete Anwendung haben dieselben

noch nicht gefunden, da man sie nicht auf billige Weise so zu härten versteht, dass sie Erschütterungen gut ertragen.

Die anderen Röhrenarten kommen für die Zuleitung von der Bezugsquelle zum Verbrauchsort nicht in Frage.

Die Vertheilung nach den Verbrauchsstellen.*)

Das Reservoir.

Für den Rauminhalt des anzulegenden Hochreservoirs ist der Wasserverbrauch maassgebend. Gewöhnlich wird der nutzbare Fassungsraum so gross verlangt, dass man mit dem Inhalt den vollen Tagesbedarf des Versorgungsortes decken kann. Um nur die Schwankungen im stündlichen Verbrauch auszugleichen, würden etwa 20 % des höchsten Tagesverbrauchs genügen.

Mitunter werden anstatt eines grossen Hochreservoirs zwei angelegt und zwar wird das zweite, kleinere (Gegenreservoir) am entgegengesetzten Ende des Ortes aufgestellt, welches mit dem anderen Reservoir durch einen Hauptrohrstrang in Verbindung steht und zur Ausgleichung der Druckschwankungen im Rohrnetz dient.

Im Allgemeinen gilt es als vortheilhaft, das Hochreservoir in möglichster Nähe des Verbrauchsortes anzulegen.

Die Hochreservoire werden gewöhnlich in Mauerwerk (Backstein mit Betonverbindung und Cementverputz) ausgeführt und erhalten zumeist einen rechteckigen Grundriss.

Um die Einwirkung der Lufttemperatur fernzuhalten, legt man dieselben, wo nur immer möglich, in dem Boden oder selbst in Felsen an, überwölbt sie und deckt den Gewölbescheitel noch mit einer Erdschicht von 1 bis 1½ m Höhe ein. Wo die örtlichen Verhältnisse dazu zwingen, den Hochbehälter auf der Erdoberfläche oder auf einem Unterbau über derselben aufzustellen, wird auch Schmiedeeisen als Herstellungsmaterial verwendet. Zum Schutz vor Witterungseinflüssen umgibt man dann das Reservoir mit einem Gehäuse, umkleidet es mit schlechten Wärmeleitern und lässt zur Sommerszeit nach J. Krieger's[5] Vorschlag das Dach sowie die Seitenwände des Reservoirs fortwährend mit Wasser überrieseln; durch die sich entwickelnde Verdunstungskälte wird noch eine Abkühlung erzielt, welche Krieger für die Strassburger klimatischen Verhältnisse je nach dem Sättigungsgrade der Luft auf 6 bis 8° C. veranschlagt.

Die Reservoire haben in der Regel eine nutzbare Tiefe von 3 bis 5 m.

---

*) Vgl. König-Poppe[2]) (S. 225), E. Sonne[2]) (S. 63), F. Lincke[2]) (S. 107), Gill u. Fölsch[7]).

Zur Verhütung des Stagnirens bringt man die Oeffnungen für das Zufluss- und Abflussrohr möglichst entfernt von einander an, sorgt beim Herstellen der Sohle für ein geringes Gefälle und führt im Reservoir eine Anzahl Scheidewände ähnlich wie zur Herstellung der Züge eines Massenofens auf, wodurch der Weg des Wassers von dem Einlauf zum Auslauf in Schlangenwindungen angeordnet wird. Am Reservoir bringt man ausser dieser Einrichtung noch ein Ueberlaufrohr, ferner einen Wasserstandsanzeiger (Schwimmer mit Kette und Skala) und schliesslich zur Erwärmung des Wassers in sehr strengen Wintern noch ein Wasserheizrohr an.

Die Druckhöhe.

Da die centrale Versorgung ihrer sanitären Bestimmung nur dann in vollem Umfange gerecht wird, wenn sie allseitig den Wasserverbrauch für die Zwecke der Reinlichkeit steigert, ist schon bei der Anlage von Wasserwerken darauf Bedacht zu nehmen, dass der Bezug des Wassers mit allen Mitteln erleichtert wird. In diesem Sinne muss es als sehr wichtig gelten, von den Leitungen unbedingt so viel Förderhöhe zu verlangen, dass sie das Wasser in jedes Stockwerk bis unter das Dach der höchst gelegenen Häuser liefern.

Der Druck, welchen man einer Leitung zu geben hat, damit in allen Höhenlagen des Versorgungsortes das Wasser zum obersten Geschosse der höchsten Häuser gelangt, summirt sich aus der Höhe des höchsten Punktes des Ortes, der Höhe des Hauptgesimses der höchsten Häuser und der Höhe des Druckes zur Ueberwindung der Reibungswiderstände in den Leitungsröhren.

Die Höhe des Dachraums über dem Strassenpflaster ist örtlich verschieden, sie beträgt 15 bis 24 m, demnach sind mindestens 18 bis 20 m Druckhöhe erforderlich.

Im Verlangen nach einer bestimmten Förderhöhe begegnen sich die Interessen der Gesundheitspflege und des Löschwesens, indem das letztere die Anforderung stellt, dass die Leitung aus den Strassenhydranten einen kräftigen Wasserstrahl gebe, der ohne Vermittelung von Feuerspritzen direkt zum Löschen eines Brandes benutzt werden kann.

Der Bedarf an Förderhöhe ist für Löschzwecke etwas höher als für die Versorgung der Gebäude, er beträgt etwa 30 m über Strassenpflaster, da hier durch die Schläuche ein stärkerer Reibungswiderstand und fürs Dach eine Mehrforderung an Druckhöhe von etwa 8 m in Rechnung kommt.

Aus diesem Bedarf an Druckhöhe ergibt sich die erforderliche Höhenlage des Hochbehälters, beziehungsweise die nöthige Förderkraft der Hebungsmaschinen.

Die anzuwendende Druckhöhe findet indessen eine Begrenzung darin, dass bei einem starken Druck die Verbindungsstellen im Rohrnetz undicht werden und dass die Rohrbrüche, welche mitunter in Folge eines unbedachtsamen, plötzlichen Abschliessens von Sperrvorrichtungen beobachtet werden, um so leichter entstehen. Man wird daher, wenn die Lage der Ortstheile in der Höhe beträchtlich verschieden ist, nicht die gleiche Druckhöhe für alle Zweige des Rohrnetzes nehmen können.

In solchen Fällen theilt man den Verbrauchsort nach Maassgabe der Höhenlage in einzelne Versorgungsbezirke (Druckzonen) ein und gibt einem jeden ein eigenes Reservoir und Rohrnetz.

Das Rohrnetz.

Behufs Vertheilung des Wassers nach den einzelnen Gebäuden und öffentlichen Brunnen zweigen vom Abflussrohre des Hochreservoirs, beziehungsweise mitunter auch direkt vom Druckrohr, Röhrstränge ab, welche die Strassen des Versorgungsortes durchziehen. Auch dieser Theil der Wasserleitungen wird aus gusseisernen Röhren hergestellt.

Man kennt zwei Arten der Anordnung derselben: das Verästelungs- und das Kreislaufssystem.

Beim Verästelungssystem zweigen die einzelnen Rohrstränge von einem Hauptrohre in ähnlicher Weise ab wie die Aeste und Zweige eines Baumes vom Stamme und verjüngen sich in ihren Dimensionen mehr und mehr, während beim Kreislaufssystem ähnlich wie im Blutkreislaufe ein durch Zwischenverbindungen geschlossenes Röhrennetz hergestellt wird.

Das Verästelungssystem ist zwar in der Anlage billiger, aber dem Kreislaufssystem nicht vorzuziehen, da sich in ihm die durch Aenderungen im Wasserverbrauch auftretenden Druckschwankungen nicht so leicht ausgleichen, sowie an den Endpunkten der Leitung sich die suspendirten Theile des Wassers als Schlamm ansammeln und überdies das Wasser sich weniger frisch hält wie an anderen Stellen des Rohrsystems.

Beim Kreislaufssystem zweigt man in neuerer Zeit von den die Strassen durchziehenden Hauptsträngen, an welchen die Hydranten angeschlossen werden, je einen — für breite Strassen zwei — parallellaufenden Nebenstrang ab, der die Hausleitungen und die öffentlichen Brunnen speist. Die Haupt- und Nebenstränge erhalten Absperrvorrichtungen und werden so verzweigt, dass dem Nebenstrang vom Hauptstrang der nächsten Strasse noch Wasser zufliessen kann,

wenn der ihm zugehörige Hauptstrang für Reparaturen u. dgl. entleert werden muss.

*Die Hausleitungen.**)

Der Anschluss der Gebäude wird entweder durch Anbohren und Einschrauben eines gusseisernen Zweigrohres oder durch Anflanschen erreicht. Im letzteren Falle muss schon beim Legen des Rohrnetzes ein Abzweigstück mit Flanschenansatz in den Nebenstrang eingeschaltet sein.

Gegen das Anflanschen wird geltend gemacht, dass das Verfahren die Anlage- und Betriebskosten erheblich vertheuert und häufig den Hausbesitzer zwingt, an einer Stelle den Anschluss zu nehmen, welche seinen baulichen Dispositionen auch nicht im mindesten entspricht.

Als Rohrmaterial für Hausleitungen, das gleichfalls auf einen Druck von 12 Atmosphären geprobt sein soll, kommen hauptsächlich nur Gusseisenrohr, Bleirohr und Zinnrohr mit Bleimantel (Mantelrohr) in Betracht. Wenn die Zuleitung zum Hause einen geringeren lichten Durchmesser als 40 mm erhält, eignen sich für Leitungen innerhalb der Gebäude am besten Bleirohre und Zinnrohre mit Bleimantel (Salbach[3]).

Da man beim Legen der Leitung im Inneren der Gebäude den Röhren Biegungen und Krümmungen geben und manche Abzweigungen herstellen muss, sind Gusseisenrohre nur unter Einschaltung von Bogen- und Ansatzstücken zu verwenden.

Man hat geglaubt, diesem Uebelstande durch die Einführung von schmiedeeisernen Röhren abhelfen zu können. Die Erfahrung lehrte aber, dass diese, namentlich bei weichem Wasser, so stark verrosten, dass sie das Wasser gelb färben und tintenartig schmeckend machen, sowie selbst bald unbrauchbar werden.

Auch verzinntes Rohr aus Schmiedeeisen ist kein unbedingt empfehlenswerthes Material. Dasselbe theilt mit dem Gusseisenrohr den Mangel, dass es sich nicht biegen lässt, da der Zinnüberzug im Feuer Schaden nimmt; es ist sonach ohne verzinnte Façonstücke nicht verwerthbar. Auch gilt es als technisch nahezu unmöglich, die Verzinnung überall gleich gut herzustellen, erfahrungsgemäss sind aber die schlecht verzinnten Stellen der Oxydation noch mehr unterworfen wie das unverzinnte Rohr.

Von allen Rohrarten für Hausleitungen hat nur das Bleirohr eine verbreitete Anwendung gefunden, da es sehr biegsam und durch

*) Vgl. F. Fischer a. a. O.

Löthen leicht zu verbinden ist, also für Anschlussarbeiten und Reparaturen die geringsten Schwierigkeiten darbietet.

Leitungen aus Bleirohr sind verhältnissmässig billig und haben im Allgemeinen eine unbegrenzte Dauerhaftigkeit. Freilich müssen sie vor Druck von aussen und ähnlichen mechanischen Einwirkungen (z. B. Hammerschlägen, Eintreiben von Nägeln) bewahrt bleiben, auch darf man sie nicht in kalkreichen, feuchten Boden oder unter Cementverputz verlegen, unter welchen Verhältnissen sie spröde und brüchig und selbst zerstört werden können. Es verdient ferner Beachtung, dass die Ratten bisweilen Bleiröhren benagen und sogar durchfressen.

Während nun das Bleirohr als Material den technischen Anforderungen nahezu vollkommen entspricht, sind gegen dessen Verwendung von ärztlicher Seite schon vielfach ernste Bedenken geäussert worden, da das Wasser im Stande ist, Blei beim Durchfliessen der Rohre oder längerem Stehen in denselben aufzunehmen.

Es liegen gut beobachtete Fälle von Bleivergiftungen in Folge des fortgesetzten Genusses eines solchen Wassers vor, angesichts welcher man ernstlich die Frage in Erwägung zu ziehen hat, ob die Verwendung von Bleirohr in der Wasserversorgung seitens der Gesundheitspolizei noch zu dulden sei. Nun ist aber die Zahl von Beobachtungen dieser Art verschwindend klein im Verhältniss zur Thatsache, dass in vielen deutschen Städten*) bei der Wasserleitung Bleirohre allgemein in Gebrauch sind, ohne dass die Aerzte über nachtheilige Folgen bisher zu berichten gehabt haben. Nur an vereinzelten Orten sind Bleivergiftungen hin und wieder beobachtet worden.

Entsprechend diesem Widerspruch in der Erfahrung besteht nur für einige Städte ein Verbot der Bleirohre. Diese lokale Behandlung der Frage ist vollkommen durch die bemerkenswerthe Erscheinung gerechtfertigt, dass nicht alle Wässer Blei aus Bleirohr in dem Maasse aufnehmen, welches ausreicht, um bei fortgesetztem Gebrauch zum Trinken und Kochen toxische Wirkungen hervorzubringen.

Die Ursache des ungleichen Verhaltens der Wässer gegen Blei ist in verschiedener Weise gedeutet worden. Durch die praktische Erfahrung und das Experiment kam man zur Erkenntniss, dass gewisse Bestandtheile des Wassers der Aufnahme von Blei förderlich oder hinderlich sind.

So ist es bekannt, dass das Wasser bei einem gewissen Gehalt an Chloriden, Nitraten (Horsford, Graham, Miller, A. W. Hofmann),

*) Z. B. in Altenburg, Berlin, Bochum, Danzig, Dortmund, Essen, Halle, Hannover, Posen, Rostock, Steele u. s. w.

an Nitriten oder Ammoniakverbindungen (Medlock, Böttcher) eine grössere Neigung zur Einwirkung auf das Blei zeigt und dass insbesondere lufthaltiges Wasser (J. Smith, v. Pettenkofer u. A.) geeignet ist, die Röhren anzugreifen. Auf der anderen Seite hat man gefunden, dass ein gewisser Gehalt an kohlensauren und schwefelsauren Erdsalzen, indem sie schwerlösliche Bleiverbindungen auf der Berührungsfläche bilden, die Angreifbarkeit wesentlich vermindern und so die Schädlichkeit der Bleiröhren beseitigen. Uebrigens liegen auch gegentheilige Beobachtungen vor, z. B. berichten Kersting und Napier, dass harte Wässer von 8 bis 15 Härtegraden die Bleiröhren mehr angreifen, als weiche, die nur 1 bis 6 Härtegrade haben; ähnliche Erfahrungen hat auch Clemens gemacht. Indessen soll nach Kersting salpetersaures Alkali im Wasser leichter zur Aufnahme von Blei führen als kohlensaures Alkali.

Der Mangel an Uebereinstimmung in den Angaben der einzelnen Beobachter kann nicht befremden, wenn man bedenkt, dass die Versuche zum Theil an natürlichen Wässern, zum Theil an wässrigen Lösungen der fraglichen, dem Angriff förderlichen oder hinderlichen Bestandtheile ausgeführt sind. Der Angriff des Bleies, wenn dasselbe einem Wasser ausgesetzt ist, welches verschiedenartige chemische Agentien enthält, ist aber ein complicirter Vorgang, in welchem die der Aufnahme von Blei Seitens des Wassers günstigen Bestandtheile neben den derselben ungünstigen wirken und sich in ihrem Einfluss bald ausgleichen bald überbieten.

Wie die Untersuchungen von J. Smith gezeigt haben und wiederholt bestätigt worden ist (v. Pettenkofer, v. Fodor, Reichardt, Roques u. A.), muss der Luftgehalt des Wassers als eine der wichtigsten Bedingungen der Angreifbarkeit des Metalles erachtet werden. Dabei wirkt sowohl nach v. Pettenkofer's Untersuchungen der Sauerstoff, als auch die Kohlensäure, wie Reichardt erkannt hat.

An der Hand dieser Erfahrungen scheint es auch begreiflich, warum Bleiröhren von destillirtem Wasser angegriffen werden, indem dieses bekanntlich aus der Luft Sauerstoff und Kohlensäure aufnimmt; übrigens können zur Lösung von Blei nach Medlock und Böttcher auch Ammoniakverbindungen, welche das destillirte Wasser häufig absorbirt enthält, beitragen.

Im harten Wasser ist zuweilen der Sauerstoff zur Oxydation von organischen und anderen Substanzen zu Verlust gegangen (v. Pettenkofer, Horsford), die Kohlensäure meist gebunden und unschädlich gemacht (Reichardt), aber andererseits sind nach Angabe von A. W. Hofmann, Graham und Miller sowie von Noad die organischen Stoffe geeignet, durch ihre Zersetzungsprodukte die Aufnahme von Blei zu begünstigen.

Nach den eingehenden Darlegungen von F. Fischer[6)] berichten Christison, Solly, Faiszt, v. Pettenkofer, Besnou und Bo-

bierre, Dumas, Balard, Lissauer u. A., dass das gewöhnliche Brunnen- und Leitungswasser kein Blei löse, und hebt auch die englische Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung in ihrem sechsten Berichte (S. 224) hervor, dass jedenfalls die Furcht vor Bleivergiftung durch Bleiröhren als übertrieben zu erachten sei.

Sicherlich ist die Schädlichkeit der Bleiröhren nicht zu fürchten, wenn dieselben für geschlossene Rohrleitungen Verwendung finden, in welchen die Mitwirkung der Luft durch einen ununterbrochenen Betrieb, d. h. eine fortwährende Füllung mit Wasser ausgeschlossen ist. Vorsichtshalber sollte man das längere Zeit, z. B. über Nacht, in der Leitung gestandene Wasser unbenutzt abfliessen lassen und eine derartige Ausspülung der Bleirohre auch unmittelbar nach einer zu Reparatur- oder Anschlussarbeiten stattgehabten Entleerung der Leitung vornehmen, bevor Wasser zu Genusszwecken wieder entnommen wird. Dagegen ist das Blei in seiner Verwendung für andere Zwecke der Wasserversorgung, z. B. zu Saugröhren für Pumpbrunnen, zu Ventilgewichten für Pumpen u. dgl. ein durchaus ungeeignetes Material.

Angeregt durch die von ärztlicher Seite erhobenen Bedenken war die Technik lange Zeit rastlos bemüht, für das Blei ein anderes Rohrmaterial zu finden, welches bei gleichen technischen Vorzügen keine Gefahren für die Gesundheit in sich schliesst. Diese Bestrebungen waren bis jetzt nicht von einem durchschlagenden Erfolg begleitet.

Zwar hat man im Zinnrohr mit Bleimantel ein brauchbares Ersatzmittel gefunden, aber es ist das Mantelrohr zwischen 30 und 45% theuerer als Bleirohr (Schmetzer) und gilt als weniger widerstandsfähig gegen den Wasserdruck.

Auch hat man versucht, durch eine vorgängige Behandlung mit chemischen Agentien die Angreifbarkeit des Bleirohrs herabzusetzen. Von den zahlreichen in dieser Richtung gemachten Vorschlägen haben nur die Verfahren von Schwarz und Christison in der Praxis Eingang gefunden. Das eine Verfahren besteht darin, dass das Rohr mit einer Lösung von Schwefelkalium behandelt wird, wodurch ein Ueberzug von unlöslichem Schwefelblei entsteht, während man im anderen die Rohre mit einer verdünnten Lösung von Natriumphosphat einige Zeit stehen lässt, welches auf der Metallwand eine von den in Wasser unlöslichen Bleiphosphatverbindungen bildet.

Selten sind Zink und Kupfer als Material für kurze Leitungsröhren oder für Behälter in Gebrauch. Auch diese Metalle werden

vom Wasser nachweisbar angegriffen, und ist deren Anwendung nicht rathsam, zumal ein Bedürfniss für dieselbe nicht besteht.

Der Wasserzins.

Das sanitäre Interesse der Bevölkerung kann bei einer centralen Versorgung leichter, wenn die Gemeinde von vornherein deren Anlage und Betrieb übernimmt, eine volle Berücksichtigung finden, als wenn eine Erwerbsgenossenschaft ihr Kapital in einem Wasserwerk anlegt und nutzbar zu machen sucht. Zwar wird auch die Gemeindeverwaltung als Unternehmer das Wasser wie eine Waare behandeln und für die Benutzung der Wasserleitung eine Vergütung verlangen müssen, aber sie hat es doch in der Hand, zu verhüten, dass der Minderbemittelte aus Sorge vor den Kosten weniger Wasser für sich und die Seinigen aufwendet, als es wünschenswerth erscheint.

Das Ueberlassen der Ausführung und des Betriebs von Wasserleitungen an private Unternehmer hat allenthalben und besonders in England zu Unzuträglichkeiten geführt, welche eine Anzahl von Städten, wie Manchester, Glasgow, Bradford, Liverpool u. A., schliesslich dazu gedrängt haben, das Wasserwesen mit grossen Kosten wieder in ihre Hände zu bringen (Sander[9]). Dem privaten Unternehmer kann zunächst nur die Rentabilität der Anlage und erst in zweiter Linie das öffentliche Wohl maassgebend sein. Es fehlt die zu Gunsten der Abnehmer wirkende Concurrenz, denn die Gemeinde ertheilt mit der Concession zu einem Wasserwerk zugleich ein Monopol (Bürkli).

Im Hinblick auf diese Verhältnisse ist es als eine erfreuliche Erscheinung zu bezeichnen, dass die Mehrzahl der deutschen Städte, welche neue Wasserleitungen in unserer Zeit sich gegeben oder im Begriffe sind, dies zu thun, die Anlage und den Betrieb selbst übernommen haben.

Eine Berücksichtigung der Vermögensverhältnisse des Einzelnen kann in verschiedener Weise geschehen: Man wird entweder jedem Ortsbewohner unentgeltlich oder zu einem sehr ermässigten Preise dasjenige Wasserquantum liefern, das er zum Trinken, Kochen und zur Reinlichkeitspflege nöthig hat, und den Mehrverbrauch nach bestimmten Tarifsätzen verrechnen, oder den Preis für das Wasser zum Hausbedarf im Tarif je nach dem Miethswerthe der Wohnung oder einem ähnlichen Maassstabe verschieden hoch stellen.

Nach einer von H. Schülke[10] mitgetheilten vergleichenden Zusammenstellung über die Wasserwerks-Tarife deutscher Städte wird der Wasserpreis nach verschiedenem Modus und in ungleich hohen Beträgen berechnet.

a) Für den Hausbedarf.

1. nach Zahl der bewohnbaren Räume unter Berücksichtigung des Miethspreises,
2. nach Zahl von bewohnbaren Räumen, Küchen, Waschküchen u. dgl. pro Raum 1,8—3,50 M. jährlich,
3. nach Grundfläche der Wohnungen, pro qm Etagenfläche 0,10 M.,
4. nach dem Miethswerthe der Wohnung 2—6 % jährlich,
5. nach Staatsgebäudesteuer,
6. nach Familien resp. einzeln stehenden Personen,
7. nach Grundstücken,
8. nur nach dem Wassermesser.

Der Wasserbezug unter Controle des Wassermessers geschieht nach Einheitspreisen für den Hausbedarf und nach Vorzugspreisen für gewerbliche Zwecke.

Nach Gill und Foelsch[7]) wird als Einheitspreis pro cbm Wasser in Berlin 0,15, Dresden 0,12, Wien 0,16—0,19 und Altona 0,213 Mark bezahlt.

Die Berechnung nach Zahl der Wohnräume ist die gebräuchlichste, nach ihr die im Procentverhältnisse des Miethswerthes.

b) Für den Bedarf an Nutzwasser.

Fast überall muss die Benutzung der Wasserleitung zu Badeeinrichtungen, Wasserclosets, Pissoirs, für den Viehstand, für Gärten, Höfe und Plätze, Springbrunnen, gewerbliche Anlagen u. s. w. eigens vergütet werden.

Die Wasserabgabe.

a) Das System der Abgabe.

Schon um einer Vergeudung vorzubeugen, bedarf man eines Maasses für das vom Consumenten aus der Leitung entnommene Wasserquantum oder es zwingt die Unzulänglichkeit der Bezugsquellen die Wasserwerkverwaltung dazu, den Abnehmern das zugebilligte Wasser vorzumessen. Noch mehr wird aber eine Controle der Wasserentnahme dadurch erforderlich, dass die Consumenten für die Benutzung dem Unternehmer eine Vergütung leisten sollen.

Diese Messung der abgegebenen Mengen ist keineswegs ohne Schwierigkeiten, sie geschieht nach verschiedenen Grundsätzen und kann der Wasserbezug ein continuirlicher, ein intermittirender oder ein unbeschränkter sein.

Beim continuirlichen System fliesst das Wasser aus der Leitung ununterbrochen, jedoch ist die Abgabe durch eine Beschrän-

kung des Querschnittes der Auslässe mittelst Messhähnen (Caliberhähnen) so regulirt, dass das dem Consumenten zuerkannte Wasserquantum nur innerhalb 24 Stunden nach und nach geliefert wird.

Auch beim intermittirenden System ist der Bezug auf eine bestimmte Menge beschränkt, jedoch findet derselbe in der Weise statt, dass den Abnehmern nur in einzelnen Stunden des Tages durch Oeffnen des Haupthahnes Wasser verabfolgt wird.

Mit diesen Verfahren wird der Zweck einer Regulirung des Wasserbezugs nur höchst unvollkommen erreicht. Durch Anlage von kleinen Hausbehältern, welche in beiden Fällen unentbehrlich sind, kann man wohl den Tagesschwankungen im Verbrauch Rechnung tragen; aber um für den gesteigerten Bedarf an einzelnen Wochentagen und in der heissen Jahreszeit sich vorzusehen, müssen geräumige Reservoire aufgestellt und ein grösseres Wasserquantum der Leitung entnommen werden, von welchem immerhin noch ein beträchtlicher Theil in der Zeit des geringen Verbrauchs zu Verlust geht. Durch die Aufstellung eines solchen Hausbehälters, dem man, um alle Stockwerke zu versorgen, auf dem Dachboden einen Platz anweisen müsste, wird die Anlage der Hausleitung wesentlich vertheuert und überdies die Beschaffenheit des Wassers keinesfalls verbessert, da es im Winter zu kalt, im Sommer zu warm wird, leicht Verunreinigungen erfährt und verdirbt. Eine Abhilfe könnte einigermaassen durch beständiges Laufenlassen des Wassers erzielt werden, würde aber nicht nur eine Wasserverschwendung bedingen sondern auch eine weitere Belastung des Abnehmers.

Diese und andere Mängel waren ganz dazu angethan, einer allgemeinen Betheiligung entgegenzuwirken und zumal den Anschluss von gewerblichen Anlagen als nicht empfehlenswerth erscheinen zu lassen.

Gegenüber den genannten Methoden zeichnet sich das System des unbeschränkten Bezuges in vortheilhafter Weise aus, indem es dem Consumenten gestattet, durch Oeffnen des Hahns seiner Auslässe Wasser in beliebigen Mengen zu entnehmen, und die Lichtweite der Zuleitungsröhren und Haupthähne annähernd so bemisst, dass dem grössten augenblicklichen Bedarf des Hauses in kürzester Zeit noch Genüge geleistet werden kann.

Die Abgabe erfolgt in diesem Falle entweder auf Grund einer Einschätzung des Wasserverbrauchs, wodurch die Entnahme auf Discretion anheimgestellt wird, oder unter Controle von Wassermessern.

Der uncontrolirte Wasserbezug hat den früher (S. 191) erwähnten

Nachtheil, dass er zur wissentlichen oder fahrlässigen Wasserverschwendung führt; auch ist es dabei unvermeidlich, dass der Eine etwas höher, der Andere etwas geringer besteuert wird, als seinem wirklichen Verbrauch entspricht. Allein es hat dieses Verfahren doch den Vortheil, dass durch Ersparung der Wassermesser die Anlage- und Betriebskosten billiger sind und sich die Consumenten nicht leicht einen in sanitärer Hinsicht verwerflichen Zwang bei der Entnahme anthun.

Einer allgemeinen Einführung von Wassermessern stand bisher hauptsächlich der Umstand entgegen, dass die Beschaffungskosten keineswegs geringe sind.

b) Die Wassermesser.

Salbach[3)] (a. a. O. S. 100) stellt an einen Wassermesser die Anforderung, dass derselbe sowohl die kleinsten als auch die grössten Wassermengen, welche den Apparat passiren können, mit gleicher Genauigkeit anzeigt, dass ferner bei dem Durchflusse des Wassers der Druck nicht erheblich vermindert wird und dass der Apparat auch verhältnissmässig billig zu beschaffen ist.

Von etwa 200 Patenten, die auf Wassermesser ertheilt sind, hat nur eine geringe Zahl in der Praxis Aufnahme gefunden. Im Wesentlichen gibt es zwei verschiedene Constructionssysteme: Kolbenmesser und Flügelmesser.

Die Kolbenmesser bestehen darin, dass das Wasser beim Durchfliessen des Apparates einen Cylinder füllt und dabei einen Kolben hebt; jeder Kolbenaufgang wirkt auf ein Zählwerk, an dem dann die Anzahl der Cylinderfüllungen — beziehungsweise direkt die Menge des durchgeströmten Wassers abgelesen wird.

Die Construction der Flügelmesser zielt auf eine Geschwindigkeitsbestimmung ab, indem bei denselben vom Wasser ein kleines Flügel- oder Turbinenrad gedreht wird, dessen Umdrehungen das Zählwerk registrirt. Innerhalb gewisser Grenzen ist die Zahl der Umdrehungen der durchgeflossenen Wassermenge proportional.

Nach Salbach's eingehenden Untersuchungen sind die Kolbenmesser, wenn in gutem Zustande, unstreitig die zuverlässigsten Wassermesser, da sie die kleinste wie die grösste Wassermenge mit der gleichen Genauigkeit registriren. Gegen ihre Anwendung spricht aber einerseits ihr hoher Preis (170 bis 300 M.), andererseits ihre Grösse und ihr Gewicht (25½ bis 178 kg).

Dagegen geben die Flügelmesser weniger genau die Wassermenge an als die Kolbenmesser, auch sind sie minder empfindlich und re-

